

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-031731

(43)Date of publication of application : 31.01.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/122
G02F 1/025
H01S 5/022

(21)Application number : 2001-134713

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 09.08.1994

(72)Inventor : YAMADA YASUBUMI
MINO SHINJI
TERUI HIROSHI
YOSHINO KAORU
KATO KUNIHARU
MORIWAKI KAZUYUKI
SUGITA AKIO
OGAWA IKUO
YANAGISAWA MASAHIRO
HASHIMOTO TOSHIKAZU

(30)Priority

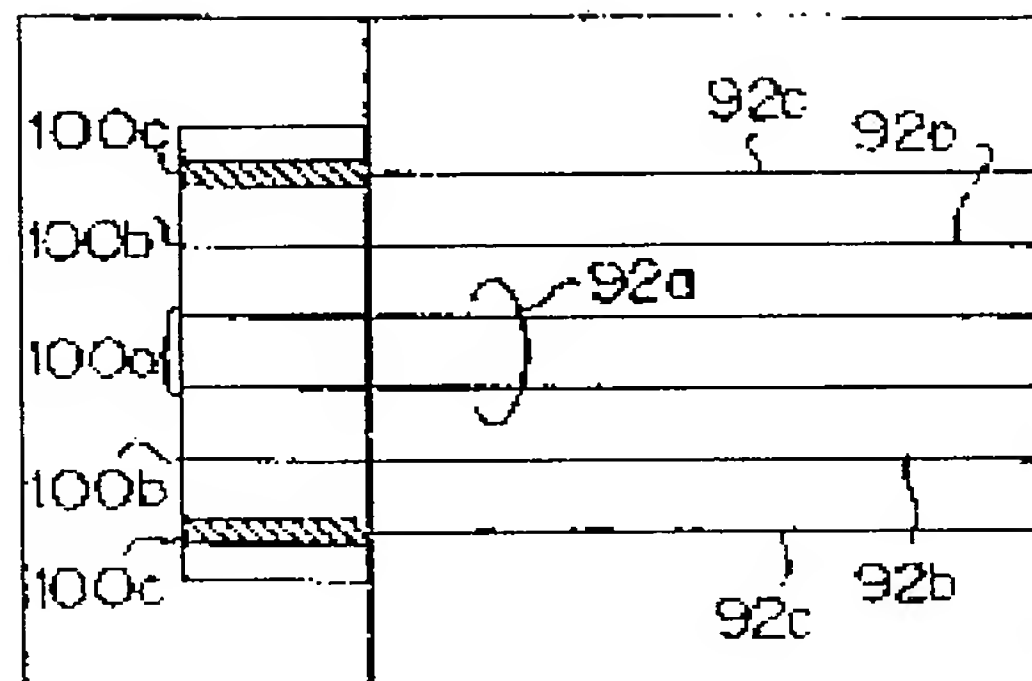
Priority number : 05197325	Priority date : 09.08.1993	Priority country : JP
05306578	07.12.1993	JP
06106492	20.05.1994	JP
06148222	29.06.1994	JP

(54) HYBRID OPTICAL INTEGRATED CIRCUIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve such problems that the conventional hybrid integrated circuit can not satisfy a low loss optical waveguide function, an optical bench function and a high frequency electric wiring function.

SOLUTION: The circuit includes an optical waveguide section 92 which is formed on a substrate 1 and has at least one signal waveguide 92a and at least one monitor optical waveguide 92b, an optical element mounting section which is provided in a gap formed at the tip section or in the middle of the section 92 and an optical functional element which has signal and monitor ports that are used for optical couplings with the waveguides 92a and 92b of the section 92. In the above constitution, the optical functional element is mounted on the optical element mounting section in a state where the waveguide 92a and the signal ports are optically coupled and the waveguide 92b and the monitor ports are optically coupled.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 24.12.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-31731

(P2002-31731A)

(43) 公開日 平成14年1月31日(2002.1.31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
G 0 2 B 6/122		G 0 2 F 1/025	2 H 0 4 7
G 0 2 F 1/025		H 0 1 S 5/022	2 H 0 7 9
H 0 1 S 5/022		G 0 2 B 6/12	B 5 F 0 7 3

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2001-134713(P2001-134713)
(62) 分割の表示 特願平6-187579の分割
(22) 出願日 平成6年8月9日(1994.8.9)

(31) 優先権主張番号 特願平5-197325
(32) 優先日 平成5年8月9日(1993.8.9)
(33) 優先権主張国 日本(J P)
(31) 優先権主張番号 特願平5-306578
(32) 優先日 平成5年12月7日(1993.12.7)
(33) 優先権主張国 日本(J P)
(31) 優先権主張番号 特願平6-106492
(32) 優先日 平成6年5月20日(1994.5.20)
(33) 優先権主張国 日本(J P)

(71) 出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(72) 発明者 山田 泰文
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内
(72) 発明者 美野 真司
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内
(74) 代理人 100077481
弁理士 谷 義一 (外1名)

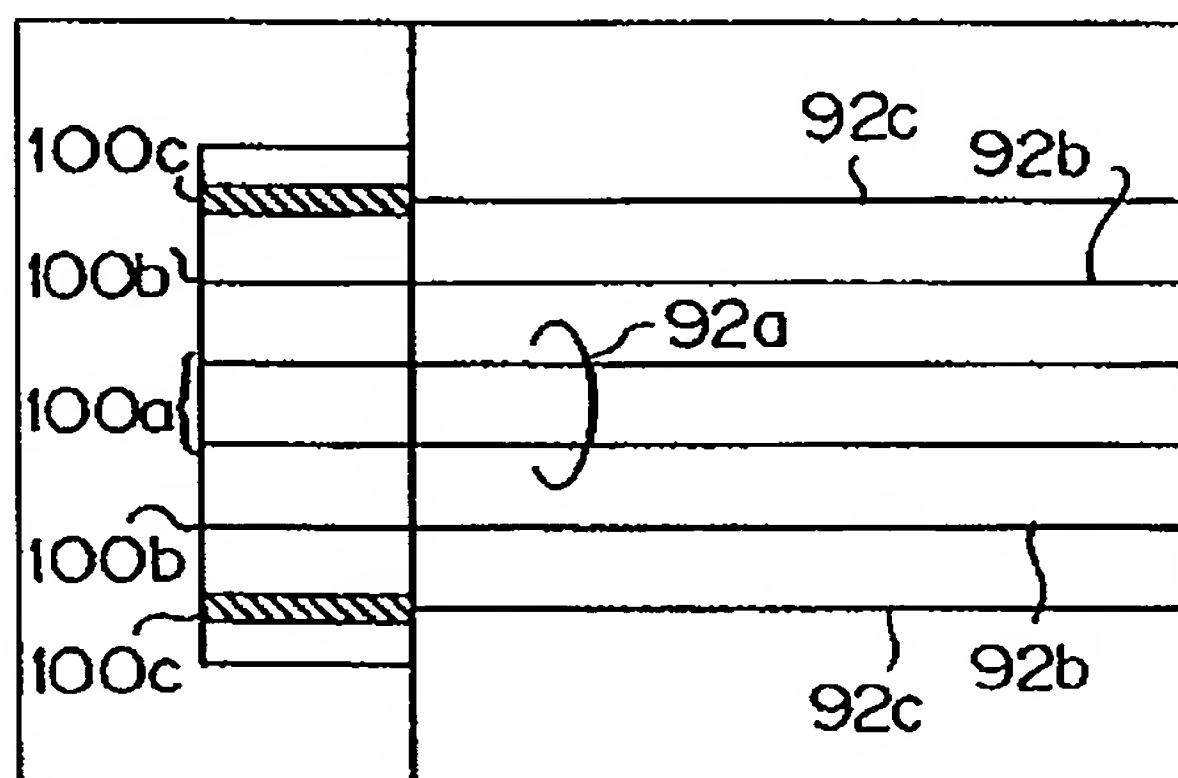
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハイブリッド光集積回路

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 従来のハイブリッド光集積回路は、低損失光導波路機能、光学ベンチ機能および高周波電気配線機能を満足し得ない。

【解決手段】 基板1上に形成され、かつ少なくとも1つの信号用光導波路92aおよび少なくとも1つのモニタ用光導波路92bを有する光導波路部92と、この光導波路部92の端部または当該光導波路部92の途中に形成された空隙部に設けられる光素子搭載部と、光導波路部92の信号用光導波路92aおよびモニタ用光導波路92bに光結合するための信号ポートおよびモニタポートを有する光機能素子とを含み、信号用光導波路92aと信号ポートとが光結合すると共にモニタ用光導波路92bとモニタポートとが光結合した状態で、光素子搭載部に光機能素子が搭載されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に形成され、かつ少なくとも1つの信号用光導波路および少なくとも1つのモニタ用光導波路を有する光導波路部と、

この光導波路部の端部または当該光導波路部の途中に形成された空隙部に設けられる光素子搭載部と、

前記光導波路部の前記信号用光導波路および前記モニタ用光導波路に光結合するための信号ポートおよびモニタポートを有する光機能素子とを含み、前記信号用光導波路と前記信号ポートとが光結合すると共に前記モニタ用光導波路と前記モニタポートとが光結合した状態で、前記光素子搭載部に前記光機能素子が搭載されていることを特徴とするハイブリッド光集積回路。

【請求項2】 一端部が前記モニタポートに光結合する前記モニタ用光導波路の他端部は、ハイブリッド光集積用実装基板の端部に導かれていることを特徴とする請求項1に記載のハイブリッド光集積回路。

【請求項3】 前記ハイブリッド光集積用実装基板には、2つ以上の前記光機能素子が縦列に搭載され、これら光機能素子の前記モニタポートには、これらモニタポートと前記ハイブリッド光集積用実装基板の端部とを結ぶモニタ用光導波路か、または2つ以上の前記光機能素子を接続する前記モニタ用光導波路が光結合していることを特徴とする請求項1に記載のハイブリッド光集積回路。

【請求項4】 前記ハイブリッド光集積用実装基板に搭載される前記光機能素子は前記モニタポートを2つ以上有しており、前記ハイブリッド光集積用実装基板はこれらモニタポートに対応した数の前記モニタ用光導波路を有しており、

少なくとも1つの前記モニタポートの幅が前記信号ポートの幅よりも広く設定されているか、少なくとも1つの前記モニタ用光導波路の幅が前記信号用光導波路の幅よりも広く設定されていることを特徴とする請求項1に記載のハイブリッド光集積回路。

【請求項5】 前記ハイブリッド光集積用実装基板は、Si基板に形成されたアンダークラッド、コアおよびオーバークラッドからなる石英系光導波路と、この石英系光導波路の前記アンダークラッドまたは前記オーバークラッドに被着されて中心導体と接地導体とからなるコプレーナ配線を有する電気配線層とを含むことを特徴とする請求項2から請求項4の何れかに記載のハイブリッド光集積回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光導波路および電気配線の他に、光通信や光信号処理に用いられる光素子または光サブモジュールを搭載し得るハイブリッド光集積回路に関する。

【0002】

【従来の技術】最近における光通信や光情報処理の高度化に伴い、低損失な光導波路などに能動光素子を組み込んで高周波電気回路により駆動する光／電子ハイブリッド集積回路の実現が期待されている。

【0003】そして、この光導波路に能動光素子を組み込み、高周波駆動する回路の実現に当っては、

1. 低損失光導波路機能

2. 同一基板上に光素子を搭載し、軸ずれを防止するための光学ベンチ機能

3. 光素子を駆動するのに必要な高周波電気配線機能からなる3つの条件が光／電子ハイブリッド実装基板として必要になる。

【0004】図1は、Si基板1上に形成されたガイド溝2および位置決め基準面3a、3bおよび3cを利用し、Si基板1上にて光ファイバ4と半導体レーザー

(LD)5との集積を実現し、電気配線6により駆動する従来の「Si光学ベンチ」と称せられる構成を示す斜視図である。この構成では、Si基板1の加工性の良さを利用して精度良くガイド溝2が形成できるので、光ファイバ4と半導体レーザー(LD)5やフォトディテクタ(PD)などの光素子との一体化を容易に実現できる。また、Si基板は熱伝導性に優れるので、光素子との良好なヒートシンクとしても機能する。電気配線6は、Si基板1の表面上に直接、または厚さ0.5μm以下の極めて薄い酸化膜を介して形成される。

【0005】光導波路機能を有する光実装基板としては、Si基板に形成した石英系光導波路の適用が期待されている。このような従来の光導波路として、図3(A)～図3(D)に示すように、

1. コアを薄いオーバークラッド層で保護した形態の「リッジ型光導波路」

2. コアを十分に厚いオーバークラッド層で埋め込んだ「埋め込み型光導波路」の2種類が知られている。

【0006】図5は、凹部1aおよび凸部1bを有するSi基板1上の凹部1aに光導波路を形成し、凸部1bを素子搭載部とする「テラス付光導波路基板」(山田、河内、小林：特開昭63-131104号「ハイブリッド光集積回路」)の一例を示す。この図5において、Si基板1の凹部1a内に、石英系光導波路10のアンダークラッド層10cと、コア層10bとが順に形成され、さらに埋め込みクラッド層10aが重ねて形成されている。アンダークラッド層10cの上面と、Si基板1の凸部1b上面の高さが一致しており、凸部1bを光素子8の高さ基準面として用いることができる。なお、図5中の符号で8aは活性層、11は素子位置決めの基準面である。

【0007】図6は、特開昭62-242362号公報に開示されたハイブリッド光集積回路の構成を示す斜視図である。この回路は、Si基板1上に設けられたバッファ層12と、このバッファ層12に重ねて設けられた

石英系光導波路13と、Si基板1の上面からの高さが上記バッファ層12と同一の素子保持台14と、この保持台14上にアップサイドダウン構成で保持された半導体レーザー15と、この半導体レーザー15の上面電極(図示略)に対して金線Wにより電氣的接続される導電膜16aを有し、かつSi基板1の上面から突出して設けられた電気配線台16とを具えている。なお、17はヒートシンクである。

【0008】このような構成の回路では、バッファ層12の上面から導波路13のコアまでの高さの差を、素子保持台14の上面から半導体レーザー15の活性層15aまでの高さの差と等しく設定してあるので、極めて高い位置決め精度で半導体レーザー15等の光素子を搭載できるという利点がある。

【0009】図7は、特公平5-3748号公報に開示されたハイブリッド光集積回路の構成を示す斜視図である。この回路は、Si基板1にほぼ等しい高さで凸状に配置された光導波路18、光ファイバガイド19、光素子ガイド20および電気配線支持台21と、Si基板1に配置された第1の導電膜(共通電極)22と、電気配線支持台21の上面に配置され、かつ第1の導電膜22から絶縁された第2の導電膜23と、光ファイバガイド19に沿って配設された光ファイバ24と、光素子ガイド20に沿って配設された光素子としてのレーザーダイオード25とを具えている。

【0010】このような構成の回路では、光素子を直接Si基板1上に搭載しているので、Si基板1をヒートシンクとして機能させることができるという利点がある。

【0011】図8は、特開平5-60952号公報に開示された光半導体装置の構成を示す断面図である。この装置は、Si基板1と、このSi基板1に形成された光導波路26と、Si基板1の凹部にアップサイドダウン構成で搭載された光半導体素子27とを具えている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】従来の技術においては、上述の3条件が充足される回路が得られていない。

【0013】例えば、図1に示したSi光学ベンチの構成では、電気配線6の高周波特性を著しく劣化させるという問題を生ずる。すなわち、高周波特性に優れた電気配線6を形成するためには、この電気配線層の厚さを充分なものとし、しかも誘電損失の小さい絶縁体上に形成しなければならないが、Si基板1はその厚さが極めて薄く、しかも十分な高周波特性を補償する程、抵抗値が高くなく、比抵抗は $1\text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$ 程度しかない。

【0014】図2は、Si基板上に直接形成した長さ0.6mmのコプレーナ配線の高周波特性を示している(T. Suzuki et al.: Microwave Workshop Digest, 1993, p95)。縦軸をSパラメータの透過特性 S_{21} とし、横軸を周波数(GHz)とした。長さ0.6mmの配線の損失は約0.4dB(2GHz)、約0.8dB(10GHz)となり、

長さ1cmに換算すると7dB(2GHz)、13dB(10GHz)となって大きな損失となる。

【0015】図3(A)~図3(D)に示す従来の光導波路に関し、図4はリッジ型光導波路の検討例(6. Y. Yamada et al., "Hybrid-Integrated 4×4 Optical Gate Matrix Switch Using Silica-Based Optical Waveguides and LD Array Chips", IEEE, J. Lightwave Technol., vol. 10, pp.383-390, 1992)を示しており、Si基板1に形成した石英系光導波路7と半導体光素子8(この例では、半導体レーザーアンプ:SLA)との厚みに応じて基板に反りが生じること起因し、結合損失の増大につながる。このように、リッジ型光導波路は光導波路機能を十分には満たさない。また、ここでは、電気配線機能も検討されていない。

【0016】図5に示したテラス付光導波路基板では、低損失光導波機能や光学ベンチ機能は満足されるものの、高周波電気配線を搭載する機能については、全く検討されていない。ここで、電気配線を搭載するとしても、Si基板1の凸部1bに重ねて形成されることとなり、高周波特性に対する要求条件を満たさない。

【0017】図6に示したハイブリッド光集積回路では、光導波路13がリッジ型のものに限定され、外乱などの影響を受け易く、低損失の光導波路機能を発揮できない。

【0018】図7に示したハイブリッド光集積回路でも、光導波路18がリッジ型のものに限定され、外乱などの影響を受け易く、低損失の光導波路機能を発揮できない。

【0019】図8に示した光半導体装置では、光導波路26がSi基板1の凸部領域に形成されるため、十分な厚さのアンダークラッドを形成できない。このため、伝送損失が大きく、外乱の影響を受け易いなど、十分な光導波路機能を満たさない。しかも、電気配線部28がSi基板1に設けられているので、高周波特性に対する要求条件を満たさない。

【0020】このように、従来のハイブリッド光集積技術には、上記3つの要求条件を満足するものがない。特に、高周波電気配線機能はほとんど考慮されていなかった。

【0021】

【発明の目的】本発明の目的は、低損失光導波路機能、光学ベンチ機能および高周波電気配線機能を満足するハイブリッド光集積回路を提供することにある。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明によるハイブリッド光集積回路は、基板上に形成され、かつ少なくとも1つの信号用光導波路および少なくとも1つのモニタ用光導波路を有する光導波路部と、この光導波路部の端部または当該光導波路部の途中に形成された空隙部に設けられる光素子搭載部と、前記光導波路部の前記信号用光導

波路および前記モニタ用光導波路に光結合するための信号ポートおよびモニタポートを有する光機能素子とを含み、前記信号用光導波路と前記信号ポートとが光結合すると共に前記モニタ用光導波路と前記モニタポートとが光結合した状態で、前記光素子搭載部に前記光機能素子が搭載されていることを特徴とするものである。

【0023】

【作用】本発明のハイブリッド光集積回路は、その光導波回路に信号用光導波路と共にモニタ用光導波路を配置してあり、また光機能素子にも信号ポートと共にモニタ

ポートを設けてある。従って、光導波回路または光機能素子が有する機能のために光結合率をモニタすることが容易でない場合であっても、モニタ用光導波路とモニタ

ポートとを用いることにより、光導波回路基板上への光機能素子ハイブリッド集積が可能となる。

【0024】このような場合として、例えば、光導波回路に波長選択性／光周波数選択性などの機能があり、このために光信号用導波路を伝搬する光の波長／光周波数に大きな制約が加わる場合、光導波回路途中で複数の光機能素子を縦列に搭載するために光信号導波路が途中で

分断される場合、あるいは光機能素子の光信号ポートにスイッチング機能があって光機能素子に無通電状態では光を透過しない場合などが例示される。

【0025】さらに、本発明のハイブリッド光集積回路においては、素子搭載部に高さ基準面と電気配線面とを

設け、かつモニタ用光導波路入力端または出力端に対応する位置に高さ基準面を配置し、信号用光導波路入力端または出力端の位置に電気配線面を配置してもよい。この場合、さらに高さ基準面と光導波回路コア中心間の高さを、上記のハイブリッド光集積回路上に搭載する光機能素子の活性層またはコア中心と素子表面と間の距離に一致させ、高さ基準面表面に厚さ0.5 μm 程度の薄膜電極を形成する。電気配線面上には、厚さ2～5 μm 程度の電気配線パターン、さらに必要に応じて半田バンプが形成されている。このとき、電気配線パターン上面、または半田バンプが形成されている場合には半田バンプ上面を、高さ基準面より低くするように電気配線面の高さが設定されている。

【0026】このような構造としたために、本発明のハイブリッド光集積回路においては、基板上への光機能素子の搭載にあたり、光機能素子と光導波回路とのアクティブアライメントを行うことができ、かつ半田バンプ等の厚膜半田を用いての光機能素子固定が可能となる。

【0027】すなわち、モニタポートと信号ポートとを有する光機能素子を、その活性層、またはコアを下向きにしたアップサイドダウン形態でハイブリッド光集積回路の光素子搭載部に搭載できる。光機能素子のモニタポート上面電極と光素子搭載部の高さ基準面とを接触させると、光機能素子と光導波路との高さ方向の位置合わせが完了する。この時、光機能素子の信号ポートと基板上

の電気配線パターンとの間には間隙が生じるため、両者の電気接続をとることはできない。しかしながら、高さ基準面上には薄膜電極が形成されているので、高さ基準面からの光機能素子モニタポート電極取り出しが実現される。従って、光機能素子と光導波路との面内方向の位置合わせは、光機能素子のモニタポートおよびモニタ用光導波路とを用いてのアクティブアライメントが可能となる。すなわち、本発明の特徴によれば、アクティブアライメントによる光素子調心が可能で、かつ厚膜半田を用いた光素子固定が可能となる。

【0028】さらに基板として、光導波回路を構成する誘電体材料と比較してエッチング速度が遅い基板を用い、かつその表面に凹部および凸部を設けておけば、その突部をモニタポートに対応する高さ基準面として用い、凹部領域に誘電体光導波路を形成することにより、極めて高精度な高さ基準面を形成できる。特に、基板としてシリコン基板を用いれば、ヒートシンクとしても機能する。

【0029】さらに、素子搭載部における信号ポートへの電気配線は、すべて十分な厚さの誘電体層上に形成できるので、シリコン基板が与える高周波特性劣化の影響を防止でき、ハイブリッド光集積回路の高周波特性を大幅に改善できる。

【0030】またさらに、モニタ用光導波路の一方の端部が光機能素子モニタポートと光結合し、他方の端部が光導波回路基板端部に配置されるように設けることにより、導波路途中で複数の光機能素子を個別にアクティブアライメントして搭載することが可能となる。

【0031】さらに、この場合、モニタ用光導波路として光機能素子モニタポートー光導波回路基板端部間を接続する導波路と共に、光機能素子モニタポート間を相互に接続する導波路を配置すれば、アクティブアライメントにおける光結合効率モニタ法として適用できる手段が増し、このため、光機能素子として半導体素子のみならず誘電体電気光学素子、磁気光学素子、音響光学素子など各種の光機能素子を搭載することが可能となる。

【0032】光機能素子に2本以上のモニタポートを設け、また光導波回路に上記モニタポートの数に対応するモニタ用光導波路を設け、これらのモニタポートまたはモニタ用光導波路として幅の異なるものを配置すれば、アクティブアライメントにおいて粗調整および微調整の2段階の調心が可能となる。

【0033】

【発明の実施の形態】本発明によるハイブリッド光集積回路において、一端部がモニタポートに光結合するモニタ用光導波路の他端部をハイブリッド光集積用実装基板の端部に導くようにしてもよい。

【0034】ハイブリッド光集積用実装基板に2つ以上の光機能素子を縦列に搭載し、これら光機能素子のモニタポートに当該モニタポートとハイブリッド光集積用実

10

20

30

40

50

装基板の端部とを結ぶモニタ用光導波路か、または2つ以上の光機能素子を接続するモニタ用光導波路を光結合させてもよい。

【0035】ハイブリッド光集積用実装基板に搭載される光機能素子がモニタポートを2つ以上有し、ハイブリッド光集積用実装基板はこれらモニタポートに対応した数のモニタ用光導波路を有し、少なくとも1つのモニタポートの幅を信号ポートの幅よりも広く設定するか、少なくとも1つのモニタ用光導波路の幅を信号用光導波路の幅よりも広く設定するようにしてもよい。

【0036】ハイブリッド光集積用実装基板は、Si基板に形成されたアンダークラッド、コアおよびオーバークラッドからなる石英系光導波路と、この石英系光導波路のアンダークラッドまたはオーバークラッドに被着されて中心導体と接地導体とからなるコプレーナ配線を有する電気配線層とを含むものであってよい。

【0037】

【実施例】本発明によるハイブリッド光集積回路の実施例について、図9～図23を参照しながら詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例のみに限らず、これらをさらに組み合わせたり、この特許請求の範囲に記載された本発明の概念に包含されるあらゆる変更や修正が可能であり、従って本発明の精神に帰属する他の技術にも当然応用することができる。

【0038】

【実施例1】図9は本発明のハイブリッド光集積回路の第1の実施例における光実装基板の構成を示す斜視図である。図9において符号1は基板、1aは基板凹部、30は基板凸部である。また、符号92は誘電体による光導波回路であり、92aは信号用光導波路、92bはモニタ用光導波路、93および93aはクラッド層である。95は光素子搭載部の電気配線面、95aおよび95bはそれぞれ電気配線層としての中心導体および接地導体、96は固定材である。基板凸部の表面は、光素子搭載部の高さ基準面30として機能する。さらに、この表面にはモニタ用の薄膜電極97が設けられている。

【0039】図9に示した光実装基板では、基板1としてシリコン基板を用い、光導波回路92として石英系光導波路を用いている。シリコン基板には段差が40 μm の凹凸が設けられている。その凹部には厚さ42 μm の石英系ガラスからなるアンダークラッド層が設けられ、その上にコア寸法が6 $\mu\text{m}\times 6\mu\text{m}$ 、比屈折率差 $\Delta=0.75\%$ の信号用光導波路92aおよびモニタ用光導波路92bが形成されている。シリコン基板1の凸部表面と導波路コア中心と間の距離は、後述する光機能素子100の寸法に合わせて5 μm に設定した。モニタ用光導波路92bの端部は、シリコン基板1の凸部からなる高さ基準面に対応する位置に配置され、信号用光導波路92aの端部は、電気配線面95に対応した位置に配置されている。高さ基準面30には厚さ0.5 μm の薄膜金電極

が形成されている。高さ基準面であるシリコン基板1の凸部表面と電気配線面95との間には10 μm の段差があり、電気配線面95の下部には厚さ30 μm の石英系光導波路のアンダークラッド層93aが設けられている。電気配線層95aおよび95bは厚さ4 μm の金メッキパターンであり、その端部に固定材96として厚さ4 μm の半田バンプが形成されている。

【0040】上記のような構成の光実装基板上の光素子搭載部に所望の光機能素子を搭載することにより、図10に示すようなハイブリッド光集積回路を形成できる。本実施例における光機能素子100は半導体レーザー(LD)であり、信号ポート100aとモニタポート100bとを有するものである。この各ポートの配列順序およびそのピッチは、光導波回路の光導波路92aおよび92bの入出力端ピッチに対応している。光機能素子100をアップサイドダウン形態で光素子搭載部に搭載すれば、光機能素子のモニタポート100bはシリコン基板1の凸部の高さ基準面30上に配置され、信号ポート100aは電気配線面上に配置される。

【0041】図11は、図10におけるIII-III'矢視に沿った断面図である。半導体レーザー100の活性層100aおよび100bは素子表面から4.5 μm の位置にある。一方、ハイブリッド光集積基板においては、高さ基準面(シリコン凸部)上の薄膜電極97の表面から光導波路コア中心までの距離が4.5 μm に製作されている。従って、図のように半導体レーザーを高さ基準面上に搭載しただけで、光導波路と半導体レーザーとの高さ方向の位置合わせを完了することができる。

【0042】ところで、面内方向の位置合わせを行うためには、半導体レーザーと光導波路との光結合効率をモニタしながら行う必要がある。半導体レーザーの信号ポート100a下の表面電極100cは、図11のように基板1上の電気配線層95aおよび半田バンプ96と接触しないため、信号ポート100aを利用した調心はできない。

【0043】しかし、本実施例ではハイブリッド光集積回路および光機能素子にモニタ用光導波路92bおよびモニタポート100bを設け、かつモニタポート100b下の表面電極を高さ基準面30上の薄膜電極97に接触させていることから、モニタポートを用いた調心が可能となる。

【0044】このような調心にあたっては、半導体レーザーを受光素子として機能させて行うことができる。すなわち、モニタ用光導波路にモニタ光を伝搬させ、このモニタ光に対するモニタポートの受光電流をモニタして、これが最大になる位置を見い出した。

【0045】なお、アクティブアライメントとして、LD100を発光させてモニタ用光導波路からの光出力が最大となる位置を見い出す方法を採用することも可能である。

【0046】次に、図12に示すように、調心完了後、加熱して半田バンプ96をリフローすることにより、半田バンプと半導体レーザーの信号ポートの表面電極100cとが接触するので、半導体レーザーおよびハイブリッド光集積基板間の電氣的接続および素子固定を実現することができる。この際、半田と光機能素子との接触位置を、そのポート（活性層）直下から若干横にずらして設定することにより、半田の硬化収縮に伴う応力が直接光機能素子の光信号ポートに働くことを防止することができる。

【0047】このハイブリッド光集積回路における位置ずれによる過剰結合損失は0.5 dB以下であった。このことは、本実施例のハイブリッド光集積回路において1 μ m以内の精度でLDの表面実装を実現できることを示している。これは、第1に高さ基準面としてシリコン凸部表面を用いたこと、第2に面内方向に位置合わせにアクティブアライメントが可能となったことにより可能となるものである。

【0048】以上述べたように、本実施例においては、光機能素子を機能させながら面内方向の調心を行う「アクティブアライメント」を行い、かつ半田バンプによる光素子固定を実施することができる。このため、従来のパッシブアライメントによる素子搭載と比較して、より高精度での光素子ハイブリッド集積を実現できると共に、従来のアクティブアライメントで問題となった薄膜半田を用いたことによる固定強度の低下および光機能素子への大きな応力発生といった問題を解決することができる。

【0049】さらに、本実施例では基板として熱伝導性に優れたシリコン基板を使用し、その表面に凹凸を設け、その凸部を光機能素子搭載の高さ基準面として用いている。このような構造とすることにより、光機能素子の発熱をシリコン凸部を通して基板に効率よく逃がすことができるという効果が生じる。

【0050】また、本実施例では、光素子搭載部の電気配線面は、十分な厚さの石英系光導波路クラッド層上に設けてある。このような構造とすることにより、高周波特性に優れたハイブリッド光集積回路が実現できる。すなわち、図1のような従来技術においては、電気配線はシリコン基板上に直接、または厚さ0.5 μ m程度の極めて薄い酸化膜上に形成するのが一般的であった。しかしながら、このような従来構成では、半導体であるシリコン基板の影響を受け、電気配線部の高周波特性が著しく劣化するという問題があった。この問題を、本実施例ではシリコン基板と電気配線面との間に十分な厚さの誘電体層を配置することにより解決したのである。実際、本実施例のハイブリッド光集積回路における電気配線部は、概ね10 GHzに及ぶ帯域を有することを確認した。

【0051】

【実施例2】図13は、本発明のハイブリッド光集積回

路の第2の実施例における光実装基板の構成を示す概略斜視図である。本実施例の特徴は、実施例1と異なり、光機能素子用の高さ基準面30とは別に、光素子搭載部となるシリコン基板1上に凸部を設け、そのシリコン凸部上に電子回路搭載面98を設け、さらに電気配線面95上に光機能素子用の電気配線のみならず、電子回路への電気配線も併せて設けた点にある。その他の構成要素は実施例1と同様であるので、同一符号を符し、その説明を省略する。

10 【0052】このようにしても、実施例1で発揮された効果と同様な効果を発揮でき、これに加え、電子回路搭載面98としてもシリコン基板凸部を利用しているので、この上に搭載する電子回路の放熱を効果的に行うことが可能となる。すなわち、本発明のハイブリッド光集積回路に用いられる光実装基板は、光／電気ハイブリッド実装基板として機能を発揮するのである。

【0053】

20 【実施例3】上述した実施例1では、基板として凹凸部を有するシリコン基板を用い、また誘電体光導波路として石英系光導波路を用いた例を示したが、本発明の目的でもあるアクティブアライメントによる光機能素子位置合わせと、半田バンプなどの厚膜半田による素子固定とを両立させるため、この材料系以外の組み合わせも勿論可能である。以下に、それらの組み合わせ例を例示する。

① 実施例1における光導波路は、石英系光導波路に限定されるものではないことは言うまでもない。例えば、ポリイミド導波路などの高分子系光導波路を用いたとしても、実施例1で発揮された効果の全てを実現できる。

30 ② 実施例1における基板には、シリコン基板以外のものをも適用できる。例えば、電子回路の実装基板として実績のあるアルミナ基板などのセラミック基板の表面に凹凸を設けたものを用いてもよい。また、この場合の光導波路についても、石英系光導波路や高分子系導波路などの各種材料系を用いることができる。このように基板としてアルミナ基板を用いた場合には、放熱効果の点では実施例1に及ばないものの、他の機能は概ね実施例1と同等の効果を発揮できる。特に、電気配線の高周波特性およびその配線規模の拡張性に関しては、実施例1より優れる場合もある。

40 ③ 実施例1では、表面に凹凸を形成した基板を使用した。これに代わり表面が平坦基板を用いることも勿論可能である。図14は、この形態の一例として、基板の表面が平坦なアルミナ基板、光導波路として石英系光導波路を用いた場合の基板構造を示す斜視図である。光素子搭載部の高さ基準面30を光導波路クラッド層で形成すればよい。この場合には、高さ基準面30と光導波路92aおよび92bの中心との間の高さの決定精度が、実施例1より低下する場合がある。また、基板としてセラミック基板を使用した場合には、放熱効果も低下す

る。しかし、本実施例においても、上述した本発明の目的でもあるアクティブアライメントおよび厚膜半田固定の両方を同時に実現できる。また、この表面平坦化基板として、シリコン基板を用いることは勿論可能である。また、基板として石英基板を用いることも可能である。

④ 実施例1では、光導波路コアが十分な厚さのクラッド層中は埋め込まれた「埋込構造光導波路」の例を示したが、光導波路の形態はこれに限定されるものではない。例えば、図4に示した従来技術のようなコアがむきだし、または薄いクラッド層で覆っただけの「リッジ型光導波路」に対しても適用できる。

⑤ 光導波路としては上記誘電体材料以外の材料を用いても、本発明の主目的を実現できる。このような材料としては、例えばシリコン導波路を例示できる。

【0054】さらに、先の実施例では、光機能素子の光信号ポートと光導波回路上の電気配線間の電気接続および固定を実現するため、固定材96として半田バンプを用いていたが、この他にも導電性接着剤や導電性ゴム等の素材を用いることも可能である。この場合にも、実施例1と同様に素子搭載に伴う応力が光信号ポートに加わることを抑制できる。

【0055】

【実施例4】図15は、本発明のハイブリッド光集積回路の第4の実施例を示す平面図であり、図16は、図15に示した要部を拡大した概略斜視図である。この光導波回路の信号用光導波路92aは、入出力導波路部I/O、周回導波路部Rおよび両者の導波路間の光結合を行う方向性結合部Cから構成され、全体として「リング共振回路」を構成している。この周回導波路部Rの途中には、光機能素子100として半導体光アンプが搭載されており、この素子の信号ポート100aと信号用光導波路とが光結合している。このハイブリッド光集積回路は、全体として「リングレーザー」として機能する。

【0056】本実施例の「リング共振回路」には、シャープな光周波数選択性があるので、信号用光導波路と信号ポートを使用してアクティブアライメントにより半導体光アンプ100を光導波路中に集積しようとする、使用できるモニタ光の光周波数が制限される。モニタ光の光周波数の制限を大幅に緩和するため、本実施例では、光導波回路および半導体光アンプ中に、モニタ用光導波路92bおよびモニタポート100bをそれぞれ設け、これらを用いて調心するようにしてある。すなわち、光導波回路の周回導波路Rの外側にモニタ用光導波路92bを配置し、半導体アンプの信号ポート100aに並べてモニタポート100bを配置した。従って、半導体アンプの搭載にあたっては、波長選択性のないモニタ用光導波路を使用できるので、モニタ光の光周波数に対する制約条件が大幅に緩和されるのである。

【0057】また特に、光導波回路の光素子搭載部構造を図16に示したように、高さ基準面30とそれより高

さの低い電気配線面95との2層構成にした場合には、実施例1で詳述したのと同様に、厚膜半田または導電性接着剤を用いた低応力素子固定が可能となる。

【0058】

【実施例5】図17は、本発明のハイブリッド集積回路の第5の実施例の構成を示す平面図である。本実施例の特徴は、光導波回路中に複数の光機能素子を縦列して搭載した点にある。図17において符号100は第1の光機能素子としてのLDアレイであり、101は第2の光機能素子としての半導体による変調器アレイである。マッハーツェンダー干渉回路タイプの強度変調回路がアレイ化された構成である。この光導波回路は、LDアレイ100から出力した光信号が第1の信号用光導波路アレイ220aを伝搬し、変調器アレイ101で変調され、第2の信号用光導波路アレイ221aを通して基板端面にまで伝搬される構成となっている。このハイブリッド光集積回路は、LDからの光出力を変調器アレイで変調する「外部変調器付きLDアレイモジュール」として機能する。

【0059】このような構成においては、第2の光機能素子101を搭載するために信号用光導波路は分断されており、この導波路を用いてのアクティブアライメントは困難である。また、変調器アレイ101の信号ポートも、無通電時には光が透過しない設計である場合には、信号用光導波路221aを用いての調心は難しい。

【0060】そこで、本実施例においては、光導波回路上に第1の光機能素子100と光導波回路基板端部とを結ぶモニタ用光導波路220b、および第2の光機能素子101と基板端部とを結ぶモニタ用光導波路221bの2系統のモニタ光導波路が設けられている。

【0061】一方、LD100にはモニタポート100bが設けられており、このモニタポート100bは信号ポート100aと同様に半導体レーザーとして機能する。半導体レーザーとして機能するポートは、受光素子として機能させることも可能である。変調器アレイ101にはモニタポート101bが設けられており、このポート101bは受光素子として機能する。なお、本実施例ではその光素子搭載部を実施例1と同様の構造とした。

【0062】図18(A)および図18(B)は、図17に示した回路の断面図であって、図18(A)はLD搭載形態を示すXa-Xa'矢視に沿った断面図であり、図18(B)は、変調アレイ搭載形態を示すXb-Xb'矢視に沿った断面図である。このような構成とすることにより、モニタ用光導波路220bにモニタ光を入射し、この受光電流をモニタすることにより、LD100のアクティブアライメントが可能となる。全く同様に、モニタ用光導波路221bを用いて変調器アレイ101のアライメントを実現できる。

【0063】なお、本実施例におけるモニタ用光導波路

の配置は、光機能素子のモニタポートが受光機能を持つことを前提としているので、その適用対象は半導体光素子に限られる。

【0064】

【実施例6】図19は、本発明のハイブリッド光集積回路の第6の実施例の構成を示す平面図である。本実施例の特徴は、図17に示した実施例5と異なり、第2の光機能素子、つまり変調器アレイ101に対するモニタ用光導波路221bを、第1の光機能素子、つまりLD100と変調器アレイ101との間を相互に接続するよう

に設けた点にある。他の構成要素は実施例5と同一であるので、同一符号を符し、その説明を省略する。すなわち、変調器アレイ101に対するモニタ用光導波路221bは、LD100の直前でモニタ用光導波路220bと合流し、LD100のモニタポート100bと接続される。

【0065】このような構成とした場合には、以下の手順での光素子搭載が可能となる。すなわち、はじめにモニタ用光導波路220bを用いてLDのアクティブアライメントを実施する。この際には、LDを発光させてもよいし、受光機能を利用して行ってもよい。LD搭載完了後に、今度はモニタ用光導波路221bを用い、変調器アレイ101のアライメントを実施する。この際には、LDのモニタポート100bを発光させた状態でモニタポート101を受光素子として機能させ、その受光電流をモニタすればよい。

【0066】この方法の特徴は、第1の光機能素子のアライメント時にはモニタ用光導波路に光ファイバを接続し、モニタ光を入力または出力する必要があったが、光機能素子相互を接続するモニタ用光導波路を設けたので、第2の光機能素子アライメントに際してはファイバ接続が不要となり、アライメント工程を簡略化できることにある。

【0067】

【実施例7】図20は、本発明のハイブリッド光集積回路の第7の実施例の平面図である。図21(A)および図21(B)は、図20に示した回路上に固定すべき光機能素子のアライメント方法を説明するための平面図であって、図21(A)はLDアレイの調心固定を示し、図21(B)は変調器アレイの調心固定を示す。本実施例の特徴は、実施例6と異なり、変調器アレイ101に対するモニタ用光導波路として、LDと接続する導波路に加え、光導波回路基板端部に接続する導波路を併せて設けた点にある。このような配置とすることにより、変調器アレイ101に対するアライメントをモニタする手段が増加し、この結果、半導体素子以外の材料からなる光機能素子に対してもアライメントが可能となる。

【0068】以下に、この構成でのアライメント手順を述べる。このような構成の光集積回路のアライメントを図21(A)および図21(B)を参照しながら説明す

る。はじめに、モニタ用光導波路220bにモニタ光を伝搬させ、LDアレイ100のモニタポート100bとの光結合をモニタしながら、信号用光導波路220aと信号ポート100aとのアライメントを行い、LDアレイ100を固定する。続いて、モニタ用光導波路221bとモニタポート101bとを用いて変調器アレイ101の調心固定を実施すればよい。この際のモニタ法としては、モニタポート101bをパッシブ導波路として用い、モニタ用光導波路221bに入射したモニタ光をモニタポート101bに伝搬させ、最終的にLD100のモニタポート100bに入射させる。このとき、LD100のモニタポート100bを受光素子として機能させ、この受光電流が最大となる場所を見出せばよい。また、光の伝搬方向をこの逆にして、LDのモニタポート100bを発光させ、このときのモニタ用導波路221bからの出力光をモニタしてもよい。

【0069】この方法によれば、変調器アレイのモニタポートをパッシブ導波路として用いているので、本実施例のように光機能素子101が半導体材料で形成された場合は勿論のこと、半導体以外の光素子、例えばLiNbO₃等の誘電体電気光学結晶、あるいは磁気光学結晶などを用いた場合であっても適用できる。

【0070】以上述べたように、本実施例においては複数の光機能素子をハイブリッド集積するにあたり、各素子毎に対応するようにモニタ光導波路を設けたので、光導波回路中に縦列に複数の素子を搭載することが可能である。

【0071】

【実施例8】図22は、本発明のハイブリッド光集積回路の第8の実施例を示す平面図である。本実施例では、光導波回路のモニタ用導波路または光機能素子のモニタポートとして、幅の異なる複数のモニタ用導波路92b、92cまたはモニタポート100b、100cを設けた点に特徴がある。図22に示すように、光機能素子のモニタポート100bおよび100cを共に同一幅で形成する一方、光導波回路のモニタ用光導波路92bの幅を信号用光導波路92aと同一に設定し、モニタ用光導波路92cについては、モニタ用光導波路92bより導波路幅を広くしてある。

【0072】このような構造とすることにより、モニタ用光導波路92cとモニタポート100cとを用いて調心の粗調整をしたのち、モニタ用光導波路92bとモニタポート100bとを用いて微調整を行うことが可能となる。このような2段階調心により、アクティブアライメントに要する時間の短縮化を図ることが可能となる。

【0073】

【実施例9】図23は、本発明のハイブリッド光集積回路の第9の実施例を示す平面図である。本実施例の特徴は、先の実施例8とは逆に光機能素子のモニタポート100bを信号ポートと同一幅とし、モニタポート100

cを信号ポートより広く設定した点にある。

【0074】このような構成としても、実施例8と同様に、粗調整→微調整の2段階調心によりアクティブアライメントに要する時間の短縮化を図ることが可能となる。

【0075】

【発明の効果】本発明のハイブリッド光集積回路においては、光導波回路に信号用光導波路と共にモニタ用光導波路を設け、光機能素子には光導波回路の導波路配置に対応して信号ポートとモニタポートとを設け、光導波回路のモニタ用光導波路と光機能素子のモニタポートが光結合し、同時に信号用光導波路と信号ポートとが光結合しつつ、光機能素子が光導波回路上の光素子搭載部に設置できるようにしたので、信号用光導波路部に波長選択性／光周波数選択性などの機能を有していたり、または光機能素子の信号ポートにも各種の機能があり、信号用光導波路および信号ポートを用いてのアクティブアライメントが困難となる場合があっても、モニタ光導波路およびモニタポートを用いてのアクティブアライメントが可能となった。

【0076】光素子搭載部の表面に薄膜電極を形成した高さ基準面と、それより高さの低い電気配線面を設け、高さ基準面をモニタ用光導波路に対応する位置に配置し、電気配線面を信号用光導波路に対応する位置に配置することにより、基板上への光機能素子搭載にあたり、光機能素子と光導波路とのアクティブアライメントを行い、かつ半田バンプ等の厚膜半田を用いての素子固定が可能となった。このため、光導波路と光機能素子との高い位置決め精度を実現すると共に、光機能素子の信号ポート上面が基板に直接接触することがなくなるので、素子搭載に伴う応力が信号ポートに加わることを防ぐことができる。

【0077】基板として凹凸を有する基板を用い、かつ光導波回路として誘電体光導波回路を用いた場合には、光素子搭載部の高さ基準面の高さ設定精度が大きく向上すると共に、電気配線部の高周波特性が改善されるという効果も生じる。

【0078】上記の基板として熱伝導性に優れるシリコン基板を用いれば、上記の効果に加えて光機能素子に対する放熱特性が大幅に向上するという効果が生まれる。

【0079】光導波回路上のモニタ用光導波路を光機能素子－光導波回路端部間と共に、必要に応じて、光機能素子間を接続するように配置すれば、光導波路中に複数の光機能素子を縦列に搭載することも可能となり、しかも半導体光素子は勿論のこと、半導体以外の各種材料からなる光機能素子のハイブリッド集積が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】Si光学ベンチの構造を示す斜視図である。

【図2】図1の構造から予想される高周波特性を示す特性図である。

【図3】二種の光導波路構造を示すもので、(A)はリッジ型光導波路構造の光実装基板を示す断面図であり、(B)は(A)の光実装基板上に設けられた素子搭載部を示す断面図であり、(C)は埋め込み型光導波路構造の光実装基板を示す断面図であり、(D)は(C)の光実装基板上に設けられた素子搭載部を示す断面図である。

【図4】リッジ型光導波路構造の光実装基板を示す概略斜視図である。

10 【図5】Siテラス付光導波路構造の光実装基板を示す概略斜視図である。

【図6】従来のハイブリッド光集積回路の構成の一例を示す斜視図である。

【図7】従来のハイブリッド光集積回路の構成の他の例を示す斜視図である。

【図8】従来の光半導体装置の構成の一例を示す断面図である。

【図9】本発明によるハイブリッド光集積回路の第1の実施例における光実装基板の構成を示す斜視図である。

20 【図10】本発明によるハイブリッド光集積回路の第1の実施例を示す斜視図である。

【図11】図10におけるIII-III'矢視に沿った断面図である。

【図12】図11に示したハイブリッド光集積回路における半田バンプのリフロー後の状態を示す断面図である。

【図13】本発明によるハイブリッド光集積回路の第2の実施例における光実装基板の構成を示す概略斜視図である。

30 【図14】図13のハイブリッド光集積回路の基板として表面平坦なアルミナ基板を用い、光導波路として石英系光導波路を用いた場合の基板構造を示す斜視図である。

【図15】本発明によるハイブリッド光集積回路の第4の実施例を示す平面図である。

【図16】図15に示した要部を拡大した概略斜視図である。

【図17】本発明によるハイブリッド集積回路の第5の実施例の構成を示す平面図である。

40 【図18】図17に示した回路の断面を示し、(A)はLD搭載形態を示すXa-Xa'矢視に沿った断面図であり、(B)は変調アレイ搭載形態を示すXb-Xb'矢視に沿った断面図である。

【図19】本発明によるハイブリッド光集積回路の第6の実施例の構成を示す平面図である。

【図20】本発明によるハイブリッド光集積回路の第7の実施例の平面図である。

【図21】図20に示した回路上に固定すべき光機能素子のアライメント方法を説明するためのものであり、

50 (A)はLDアレイの調心固定を示す平面図であり、

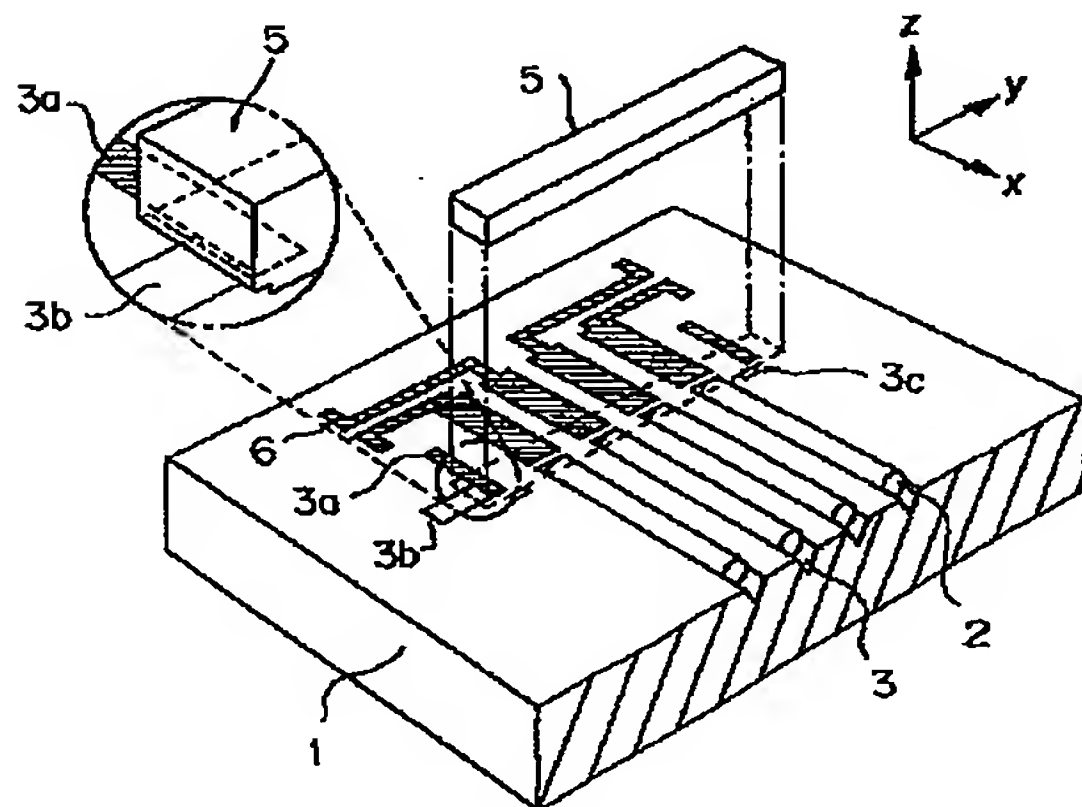
(B)は変調器アレイの調心固定を示す平面図である。
【図22】本発明によるハイブリッド光集積回路の第8の実施例を示す平面図である。

【図23】本発明によるハイブリッド光集積回路の第9の実施例を示す平面図である。

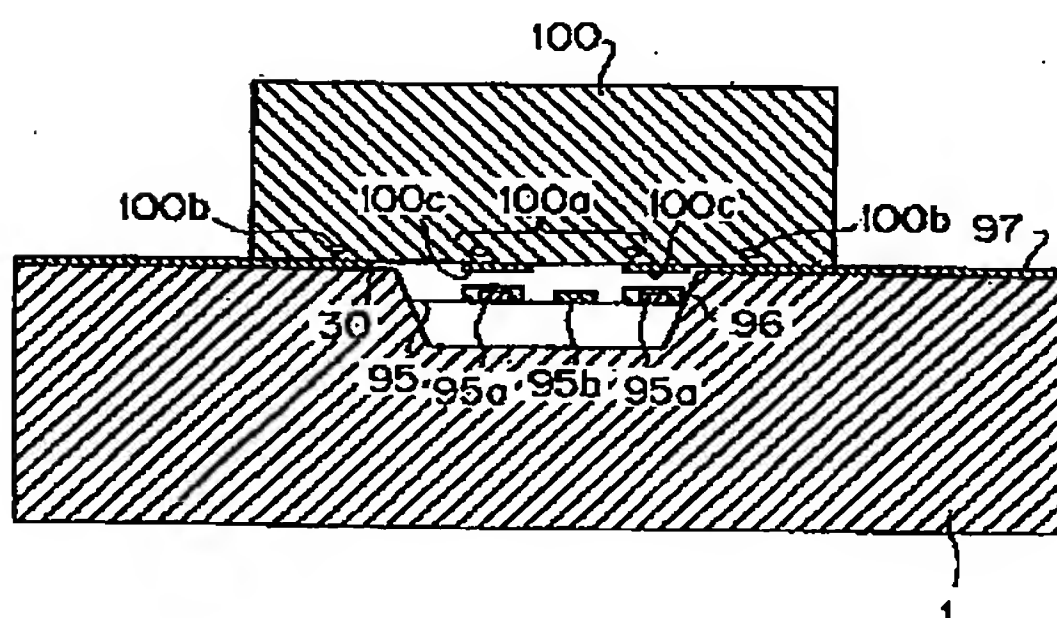
【符号の説明】

- 1 基板
- 1a 基板凹部
- 30 高さ基準面
- 92 光導波回路
- 92a 信号用光導波路
- 92b モニタ用光導波路
- 92c モニタ用導波路
- 93, 93a アンダークラッド層
- 95 電気配線面
- 95a 中心導体(電気配線層)
- 95b 接地導体(電気配線層)

【図1】

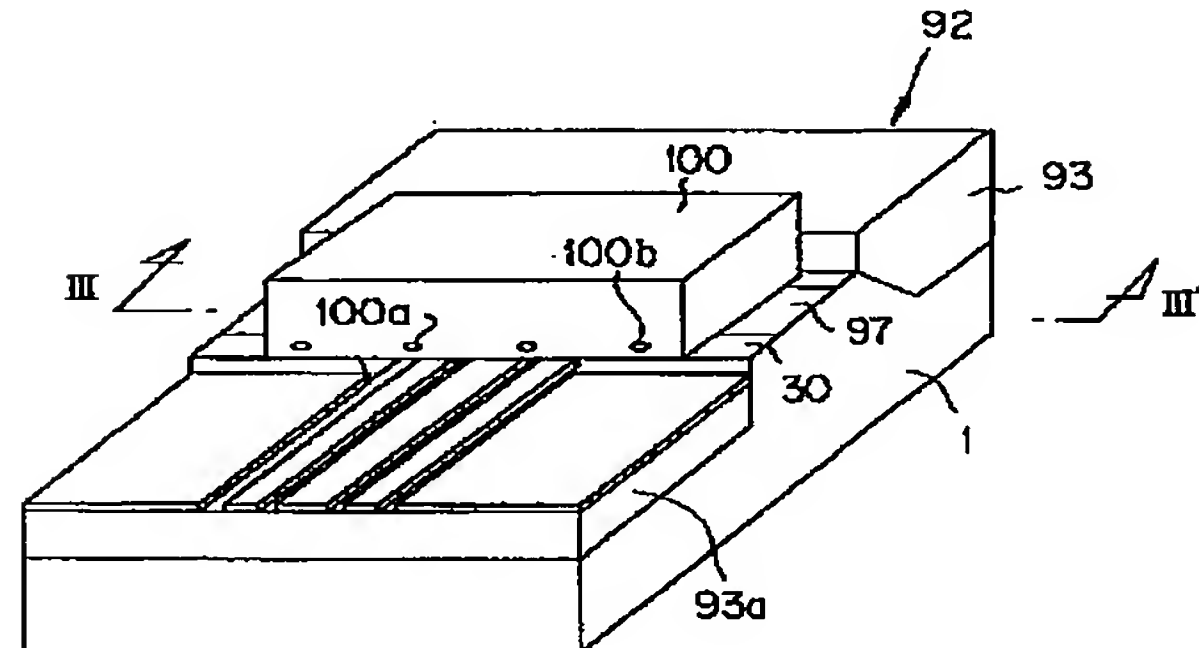


【図3】

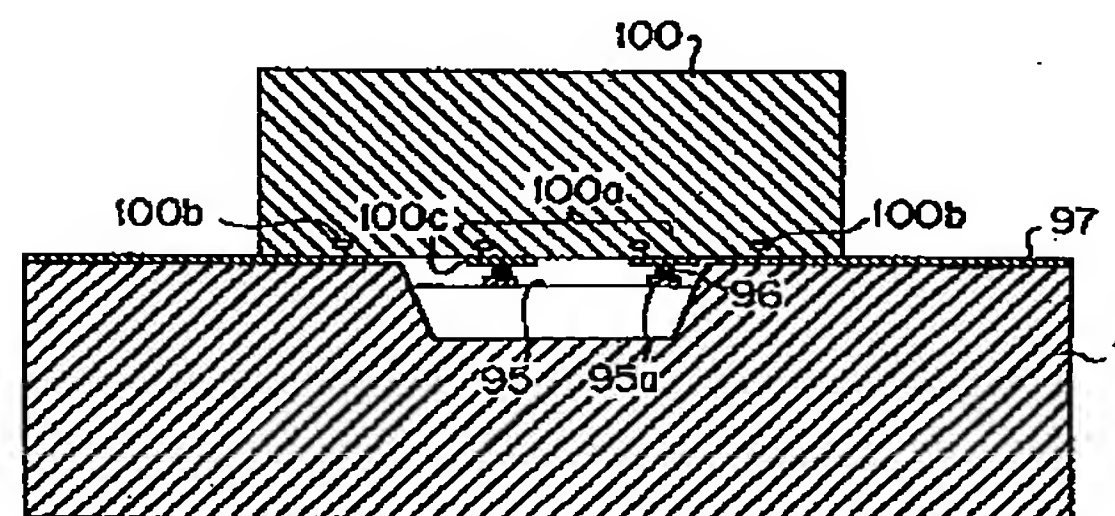


- * 96 固定材(半田バンプ)
- 97 薄膜電極
- 98 電子回路搭載面
- 100 光機能素子(半導体レーザー:LD, 半導体光アンプ, LDアレイ)
- 100a 信号ポート(活性層)
- 100b モニタポート(活性層)
- 100c 表面電極(モニタポート)
- 101 変調器アレイ(第2の光機能素子)
- 101b モニタポート
- 220a 第1の信号用光導波路アレイ
- 220b モニタ用光導波路
- 221a 第2の信号用光導波路アレイ
- 221b モニタ用光導波路
- I/O 入出力導波路部
- R 周回導波路部
- * C 方向性結合部

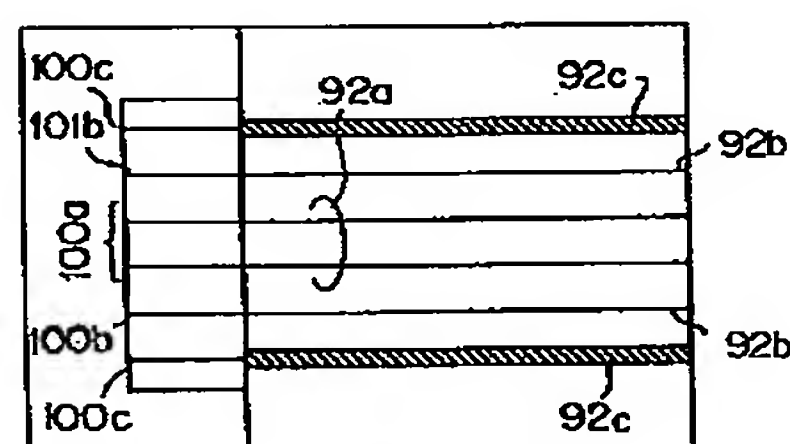
【図2】



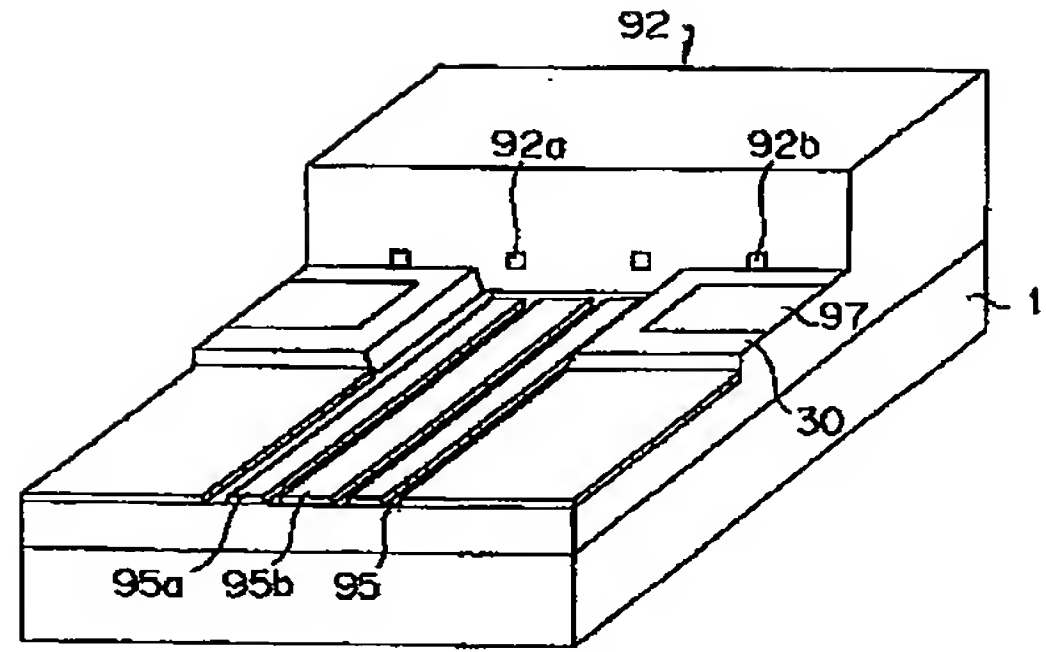
【図4】



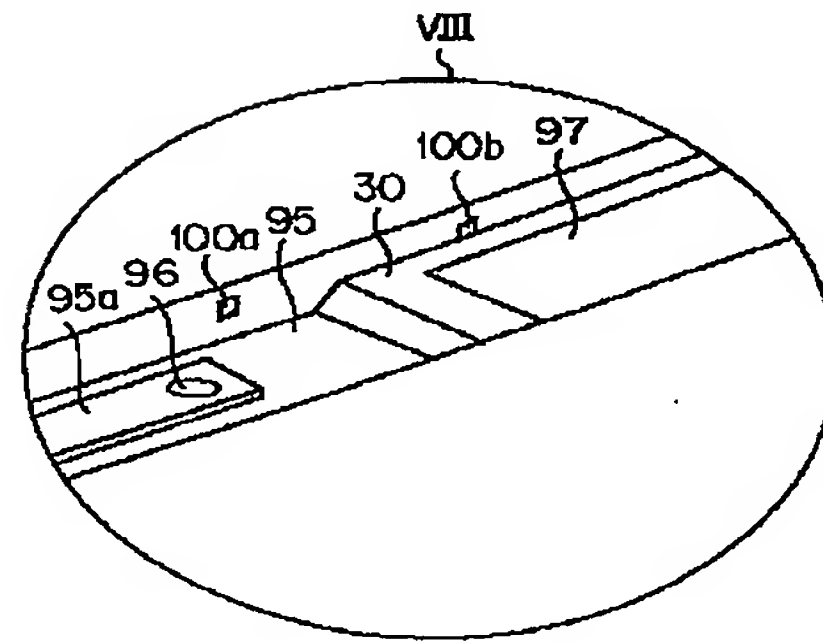
【図15】



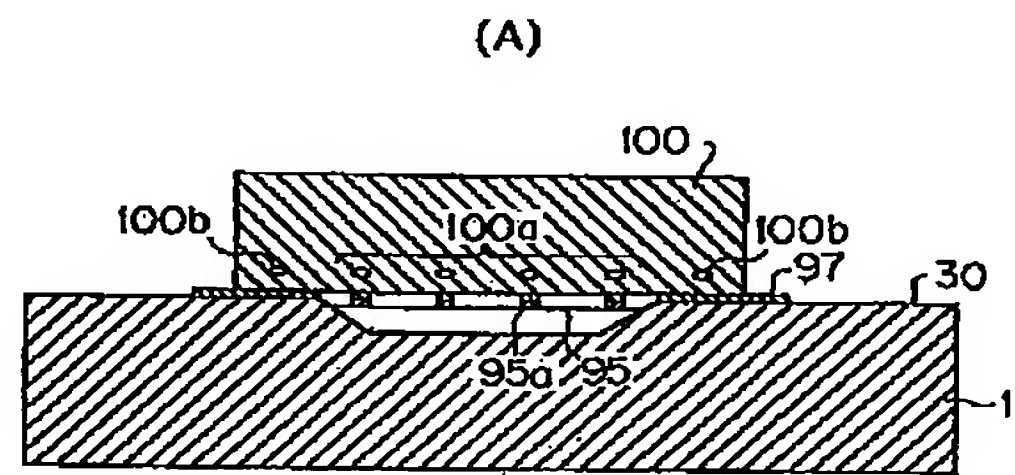
【図6】



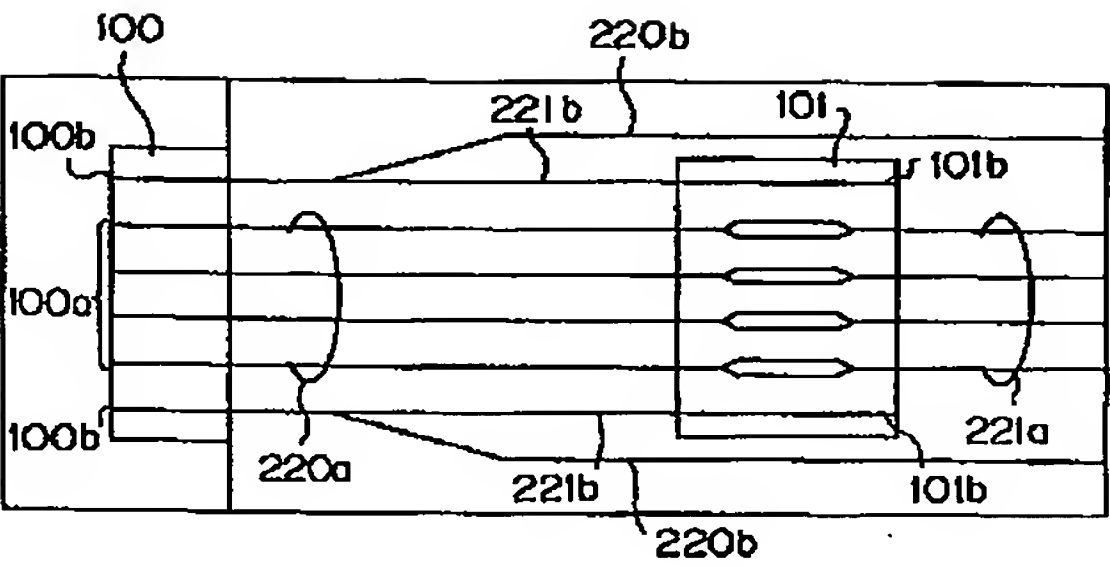
【図 8】



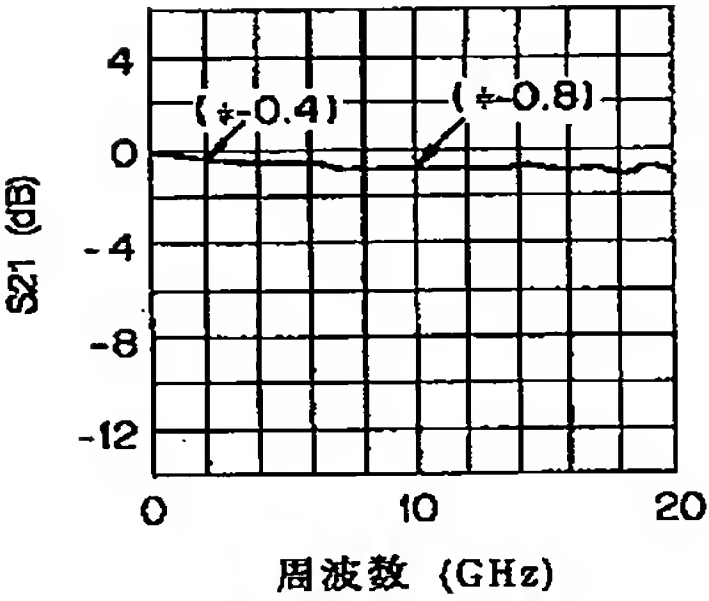
【図9】



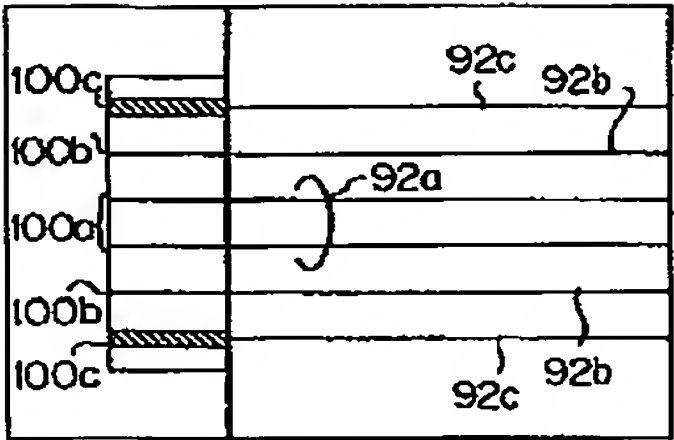
【図11】



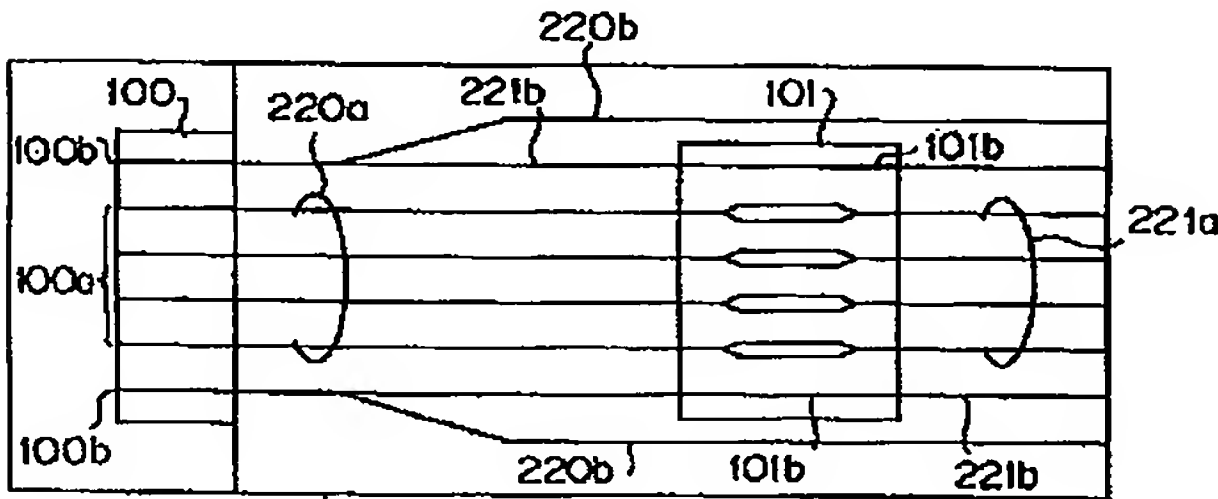
【図12】



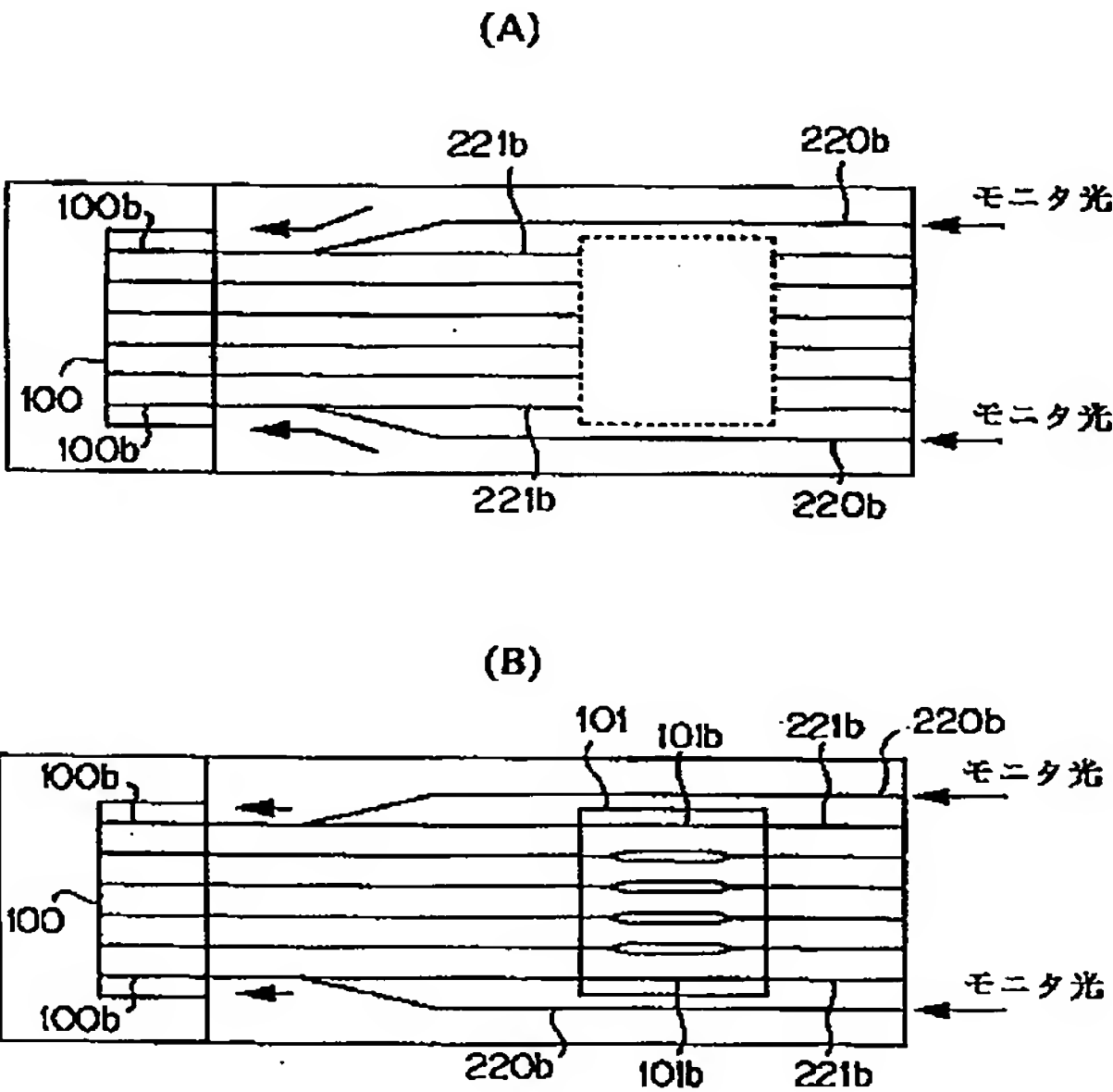
【図16】



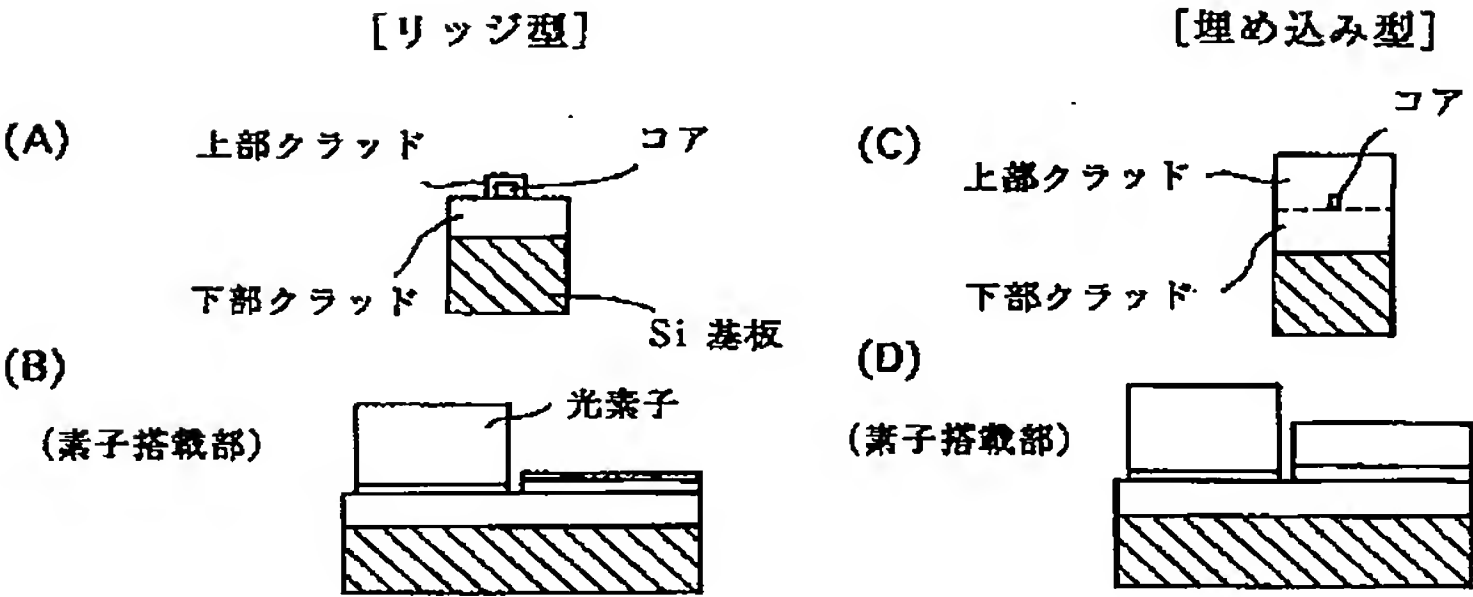
【図13】



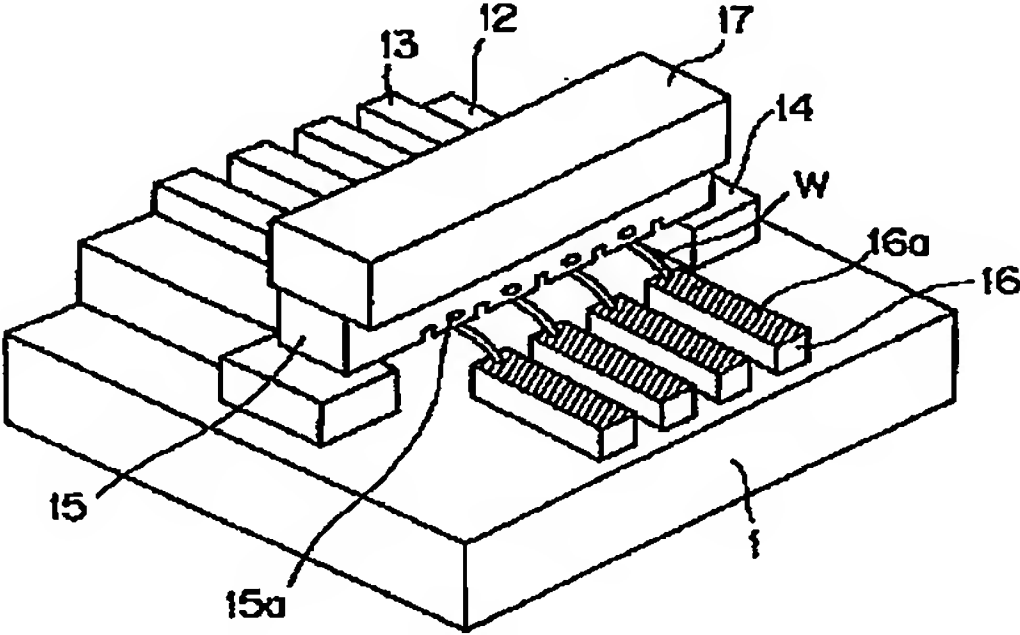
【図14】



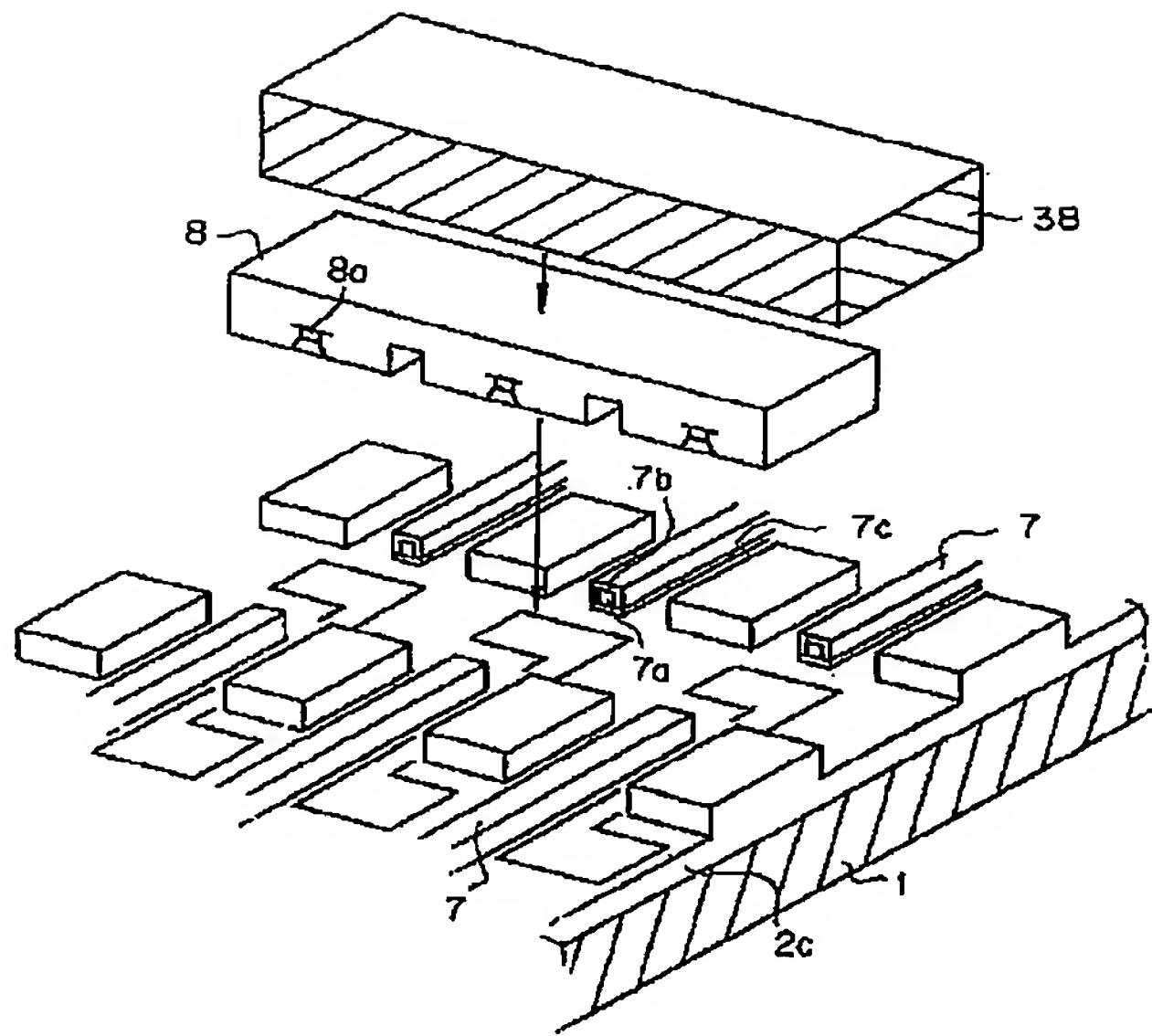
【図17】



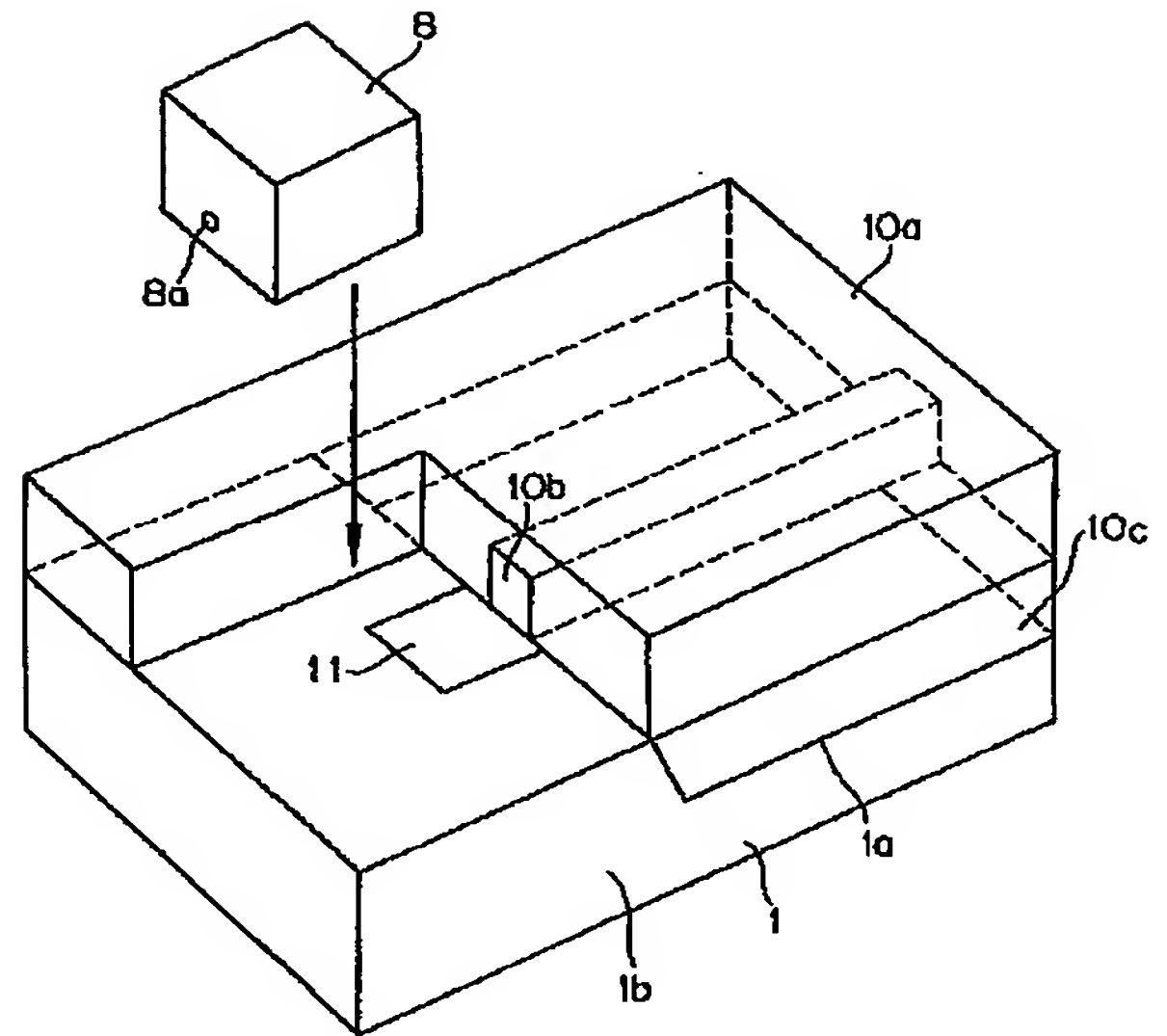
【図20】



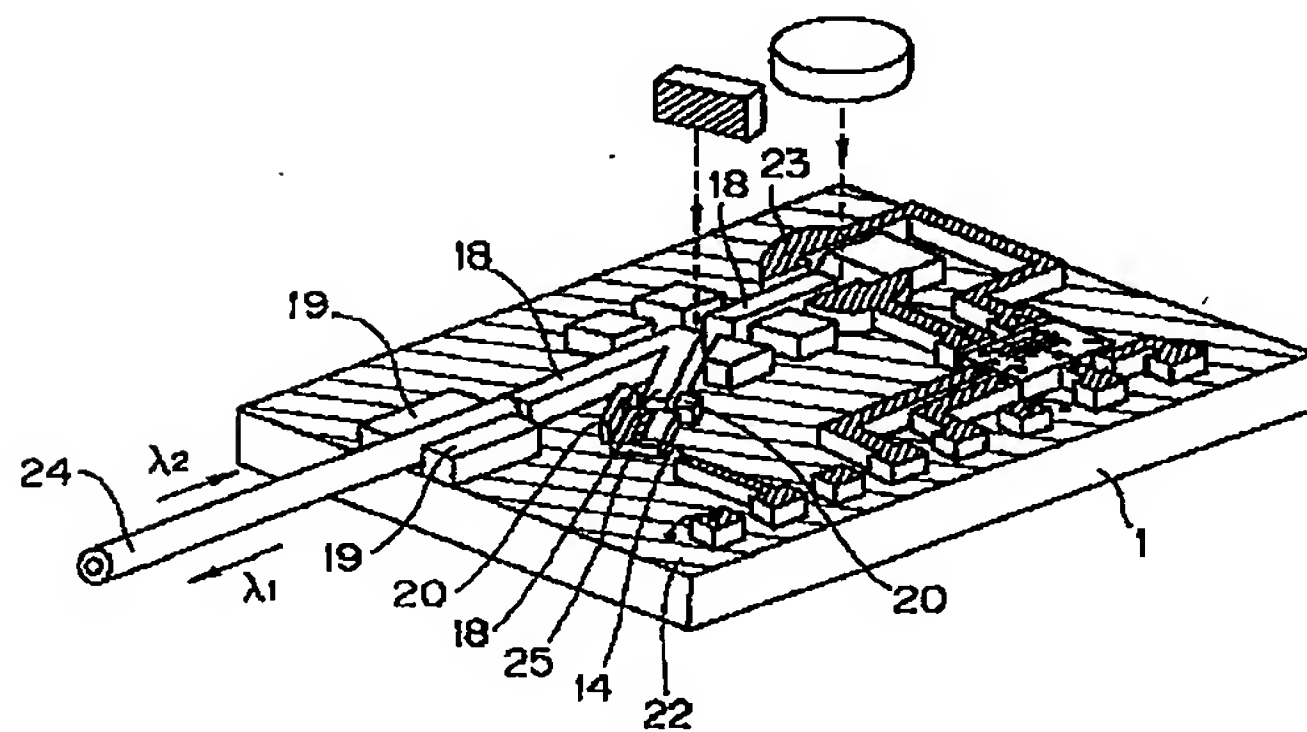
【図18】



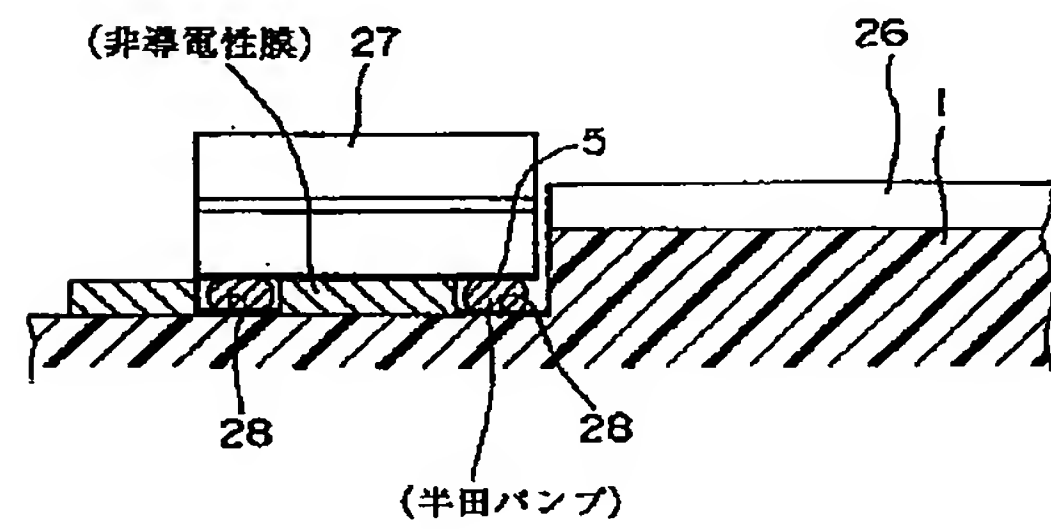
【図19】



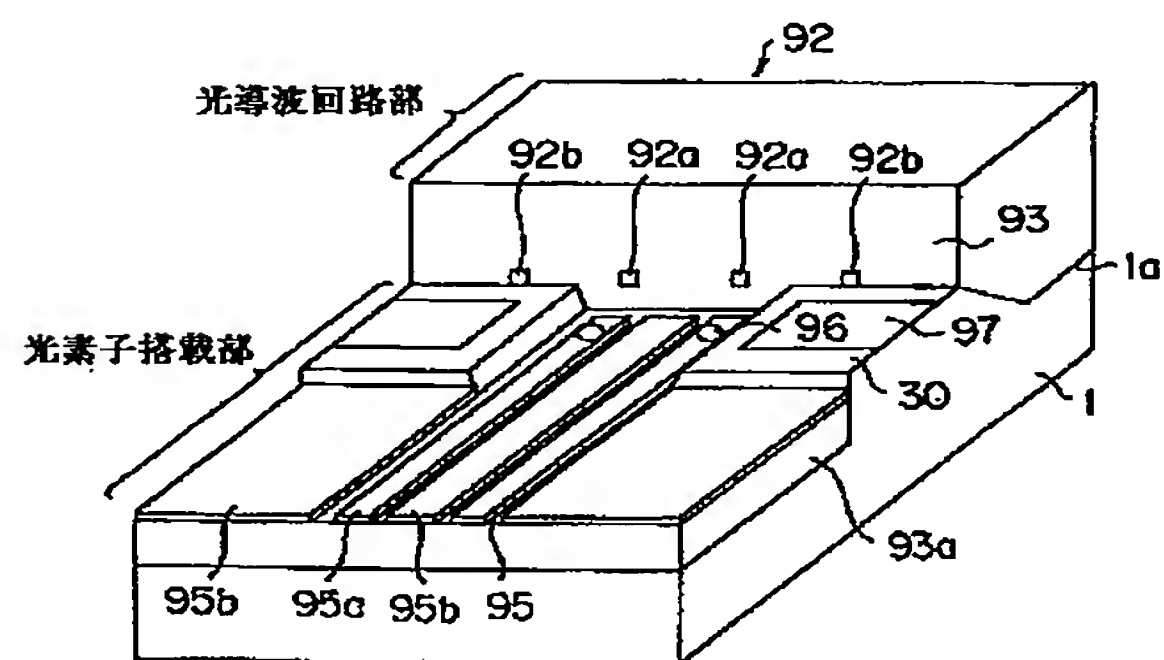
【図21】



【図22】



【図23】



【手続補正書】

【提出日】平成13年5月2日(2001. 5. 2)

【手続補正1】

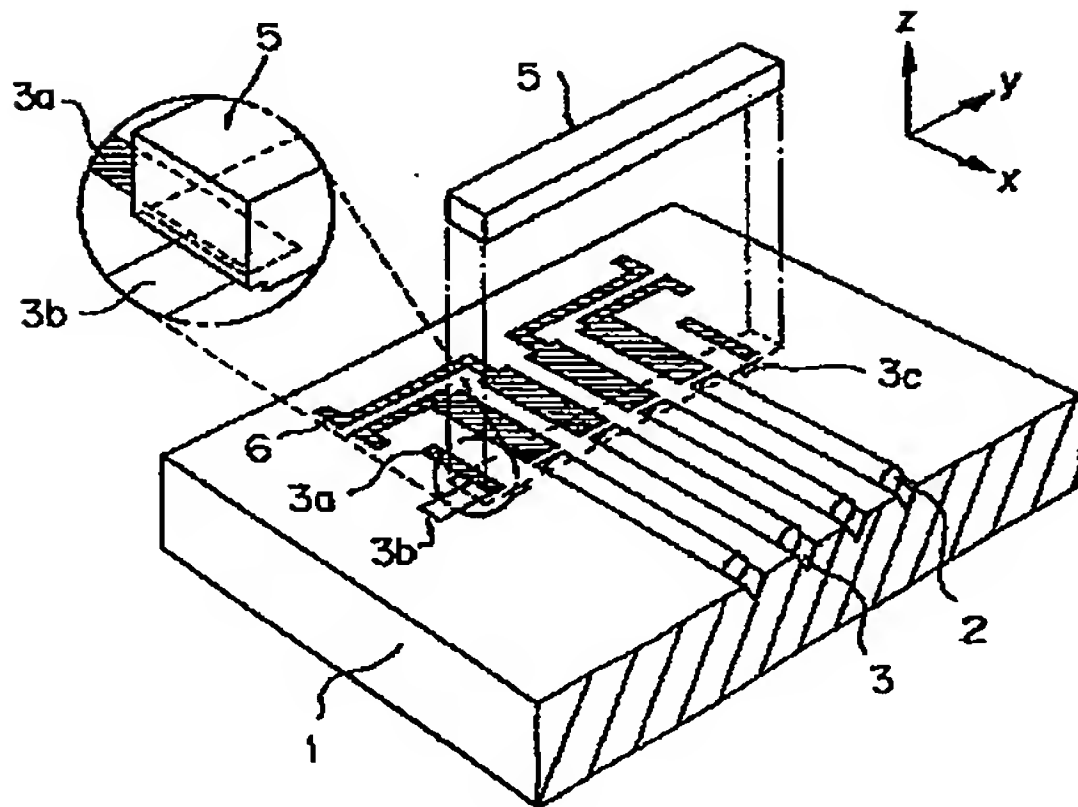
【補正対象書類名】図面

* 【補正対象項目名】全図

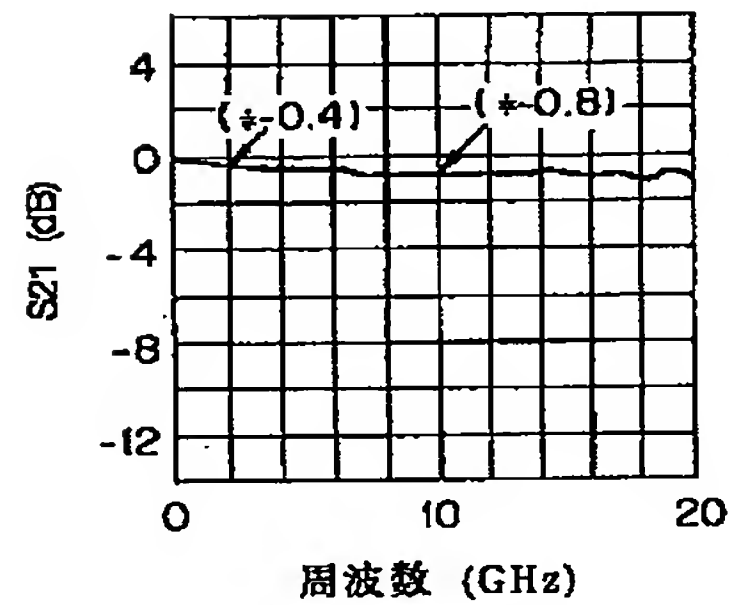
【補正方法】変更

* 【補正内容】

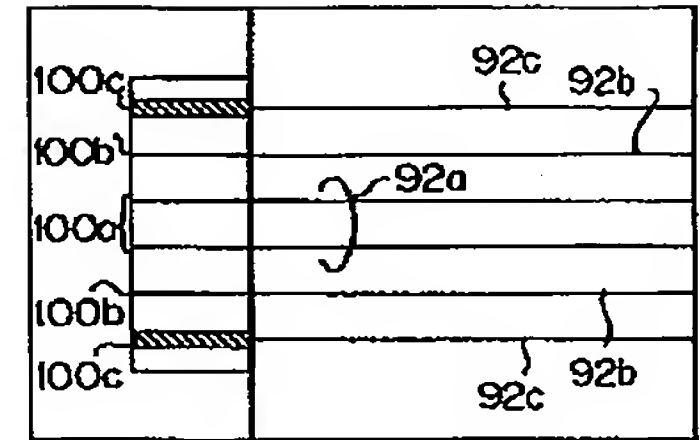
【図1】



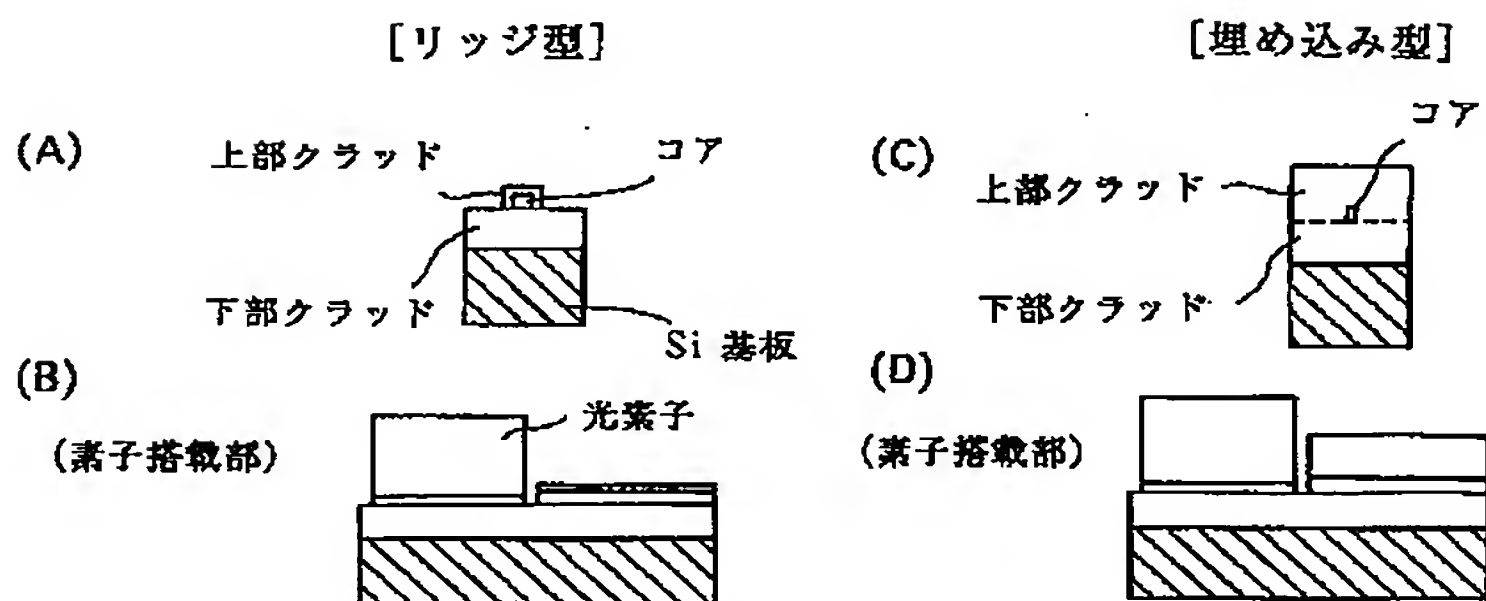
【図2】



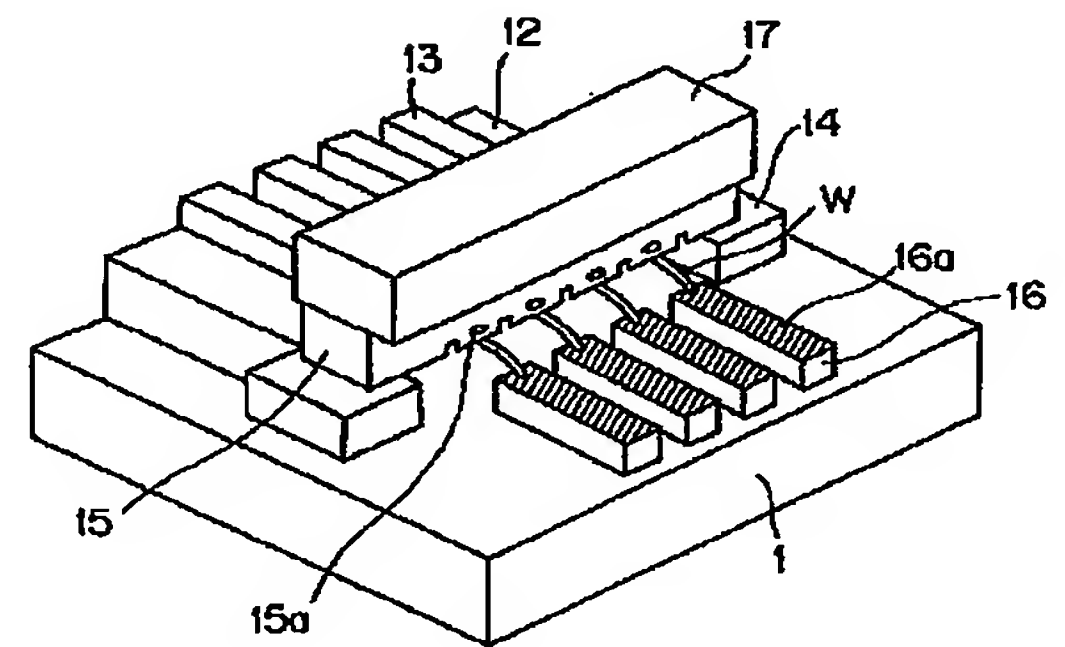
【図23】



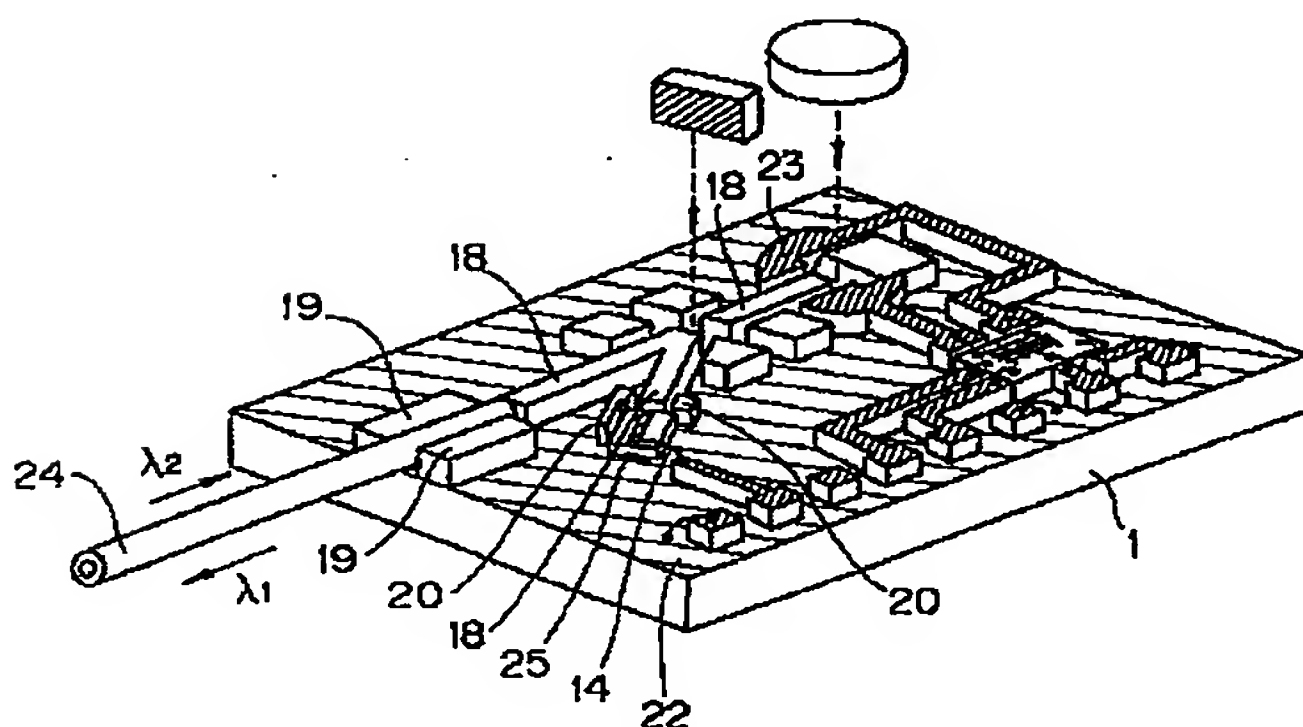
【図3】



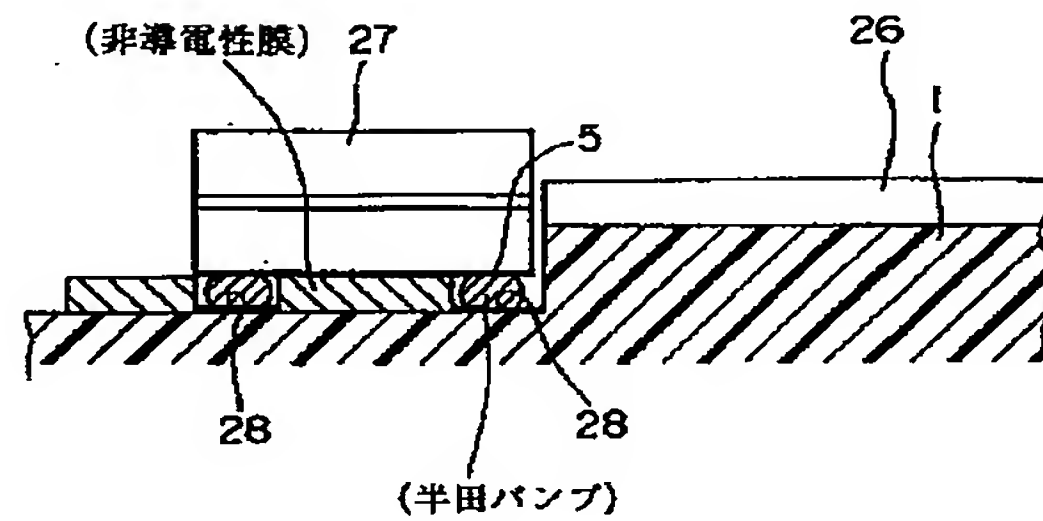
【図6】



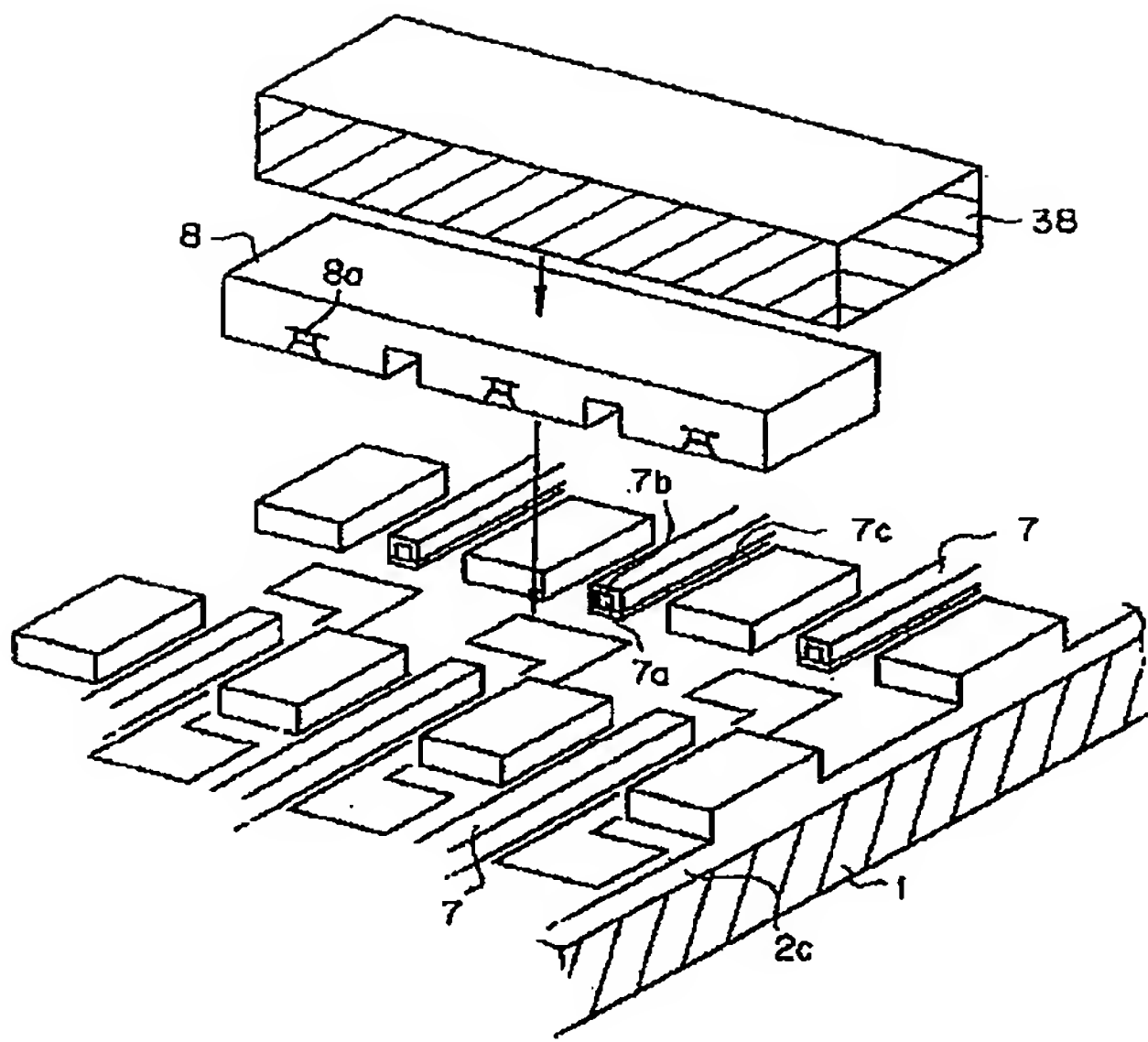
【図7】



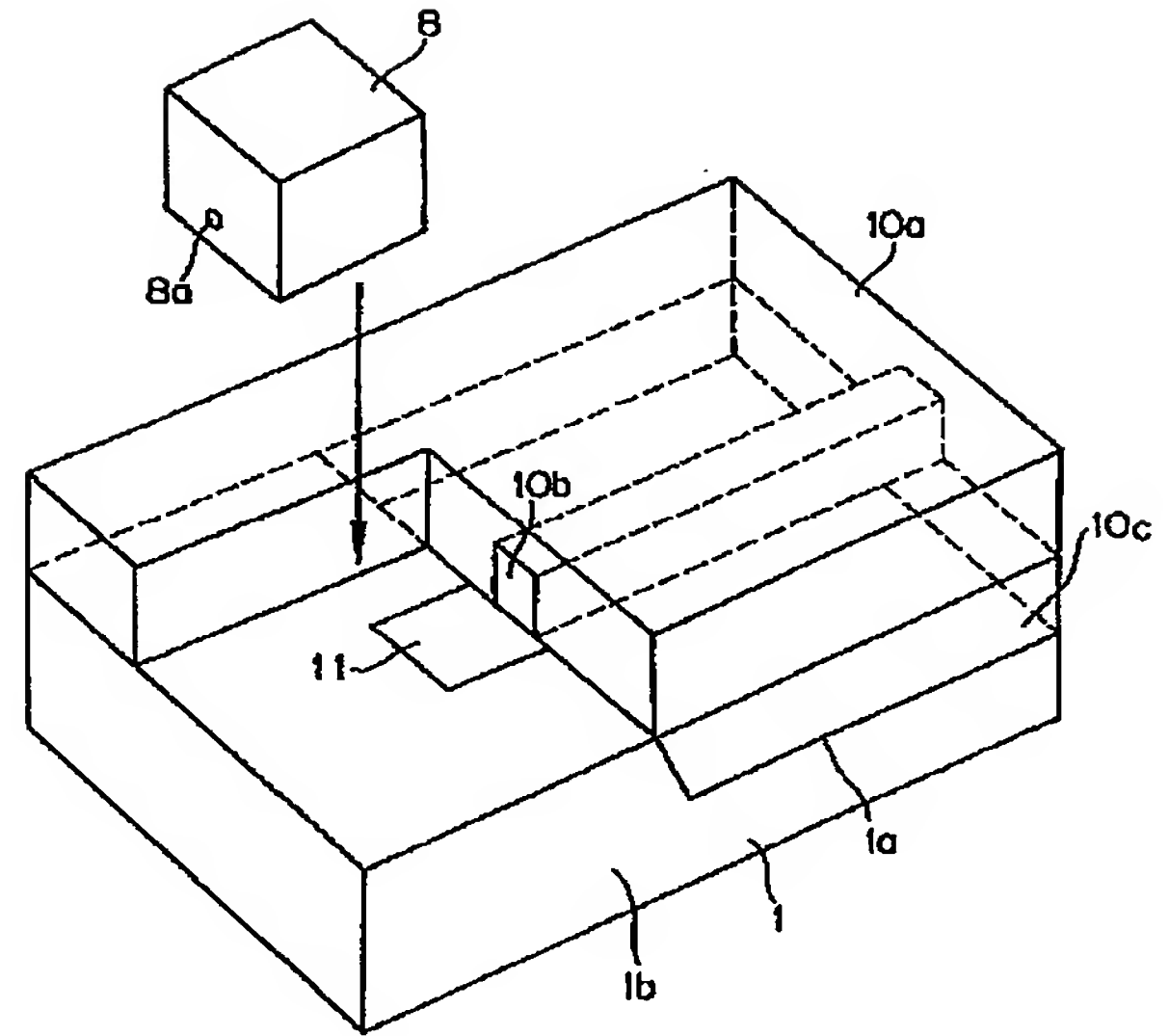
【図8】



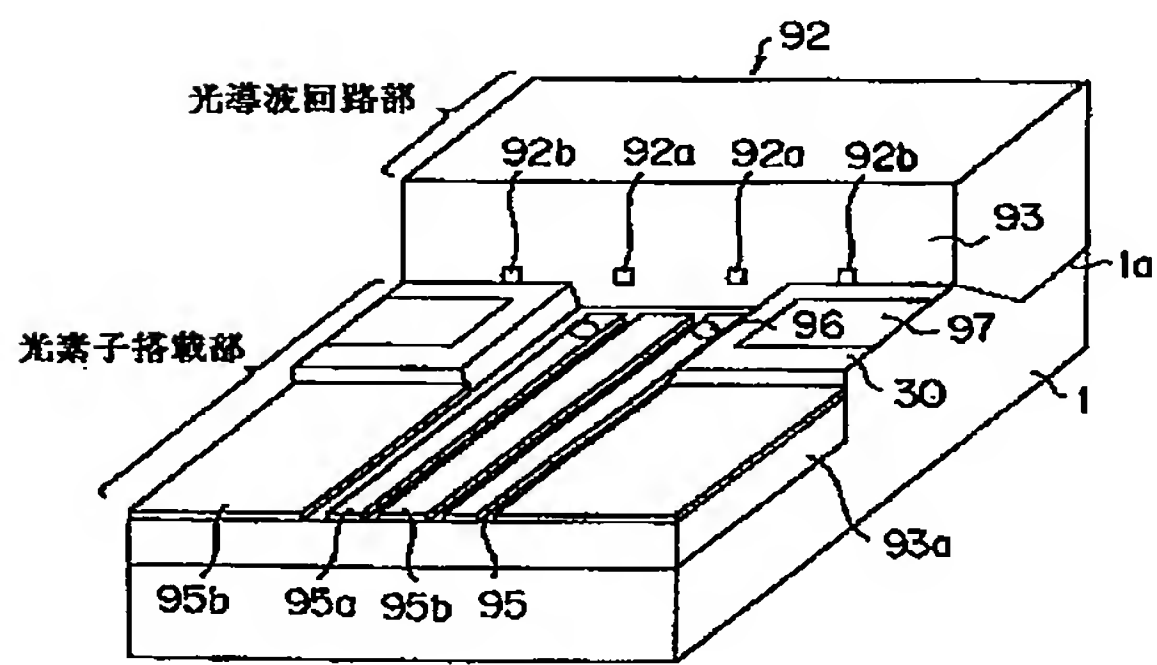
【図4】



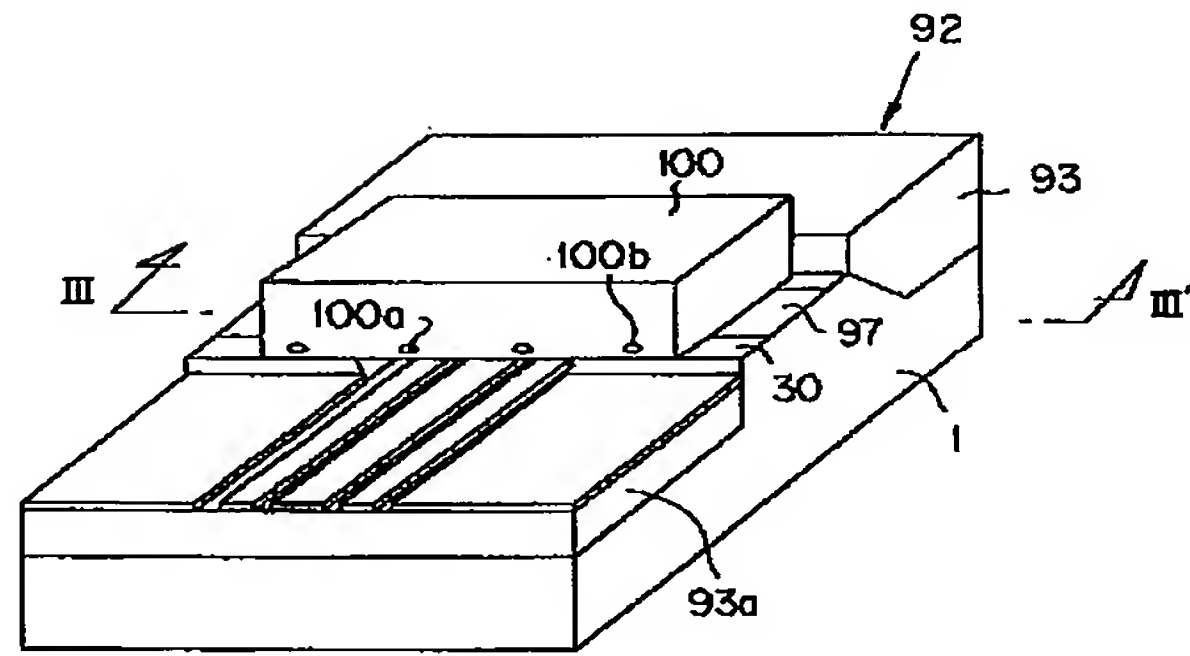
【図5】



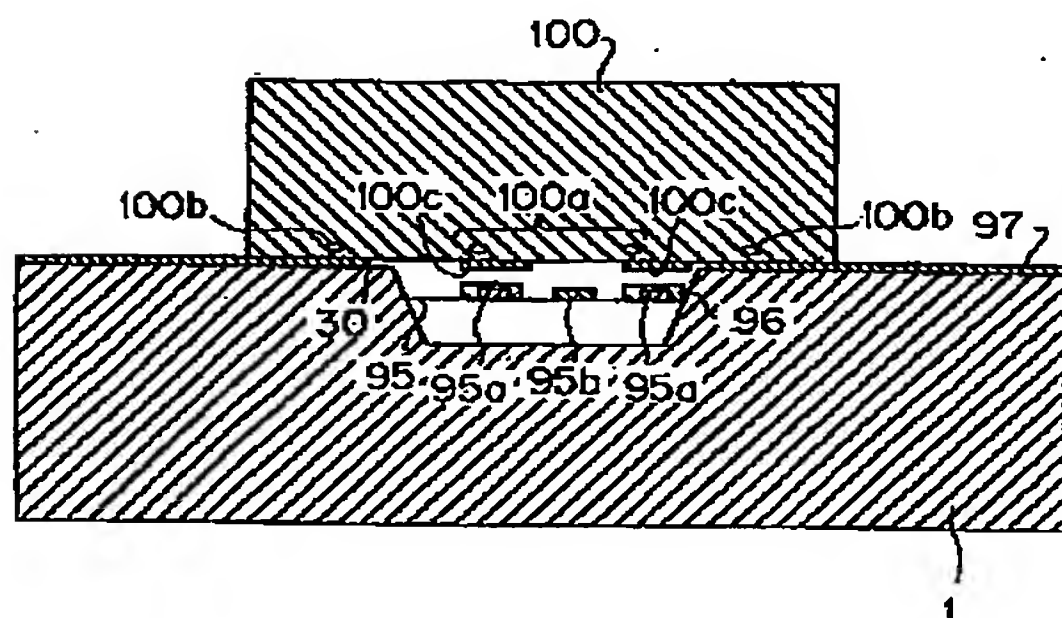
【図9】



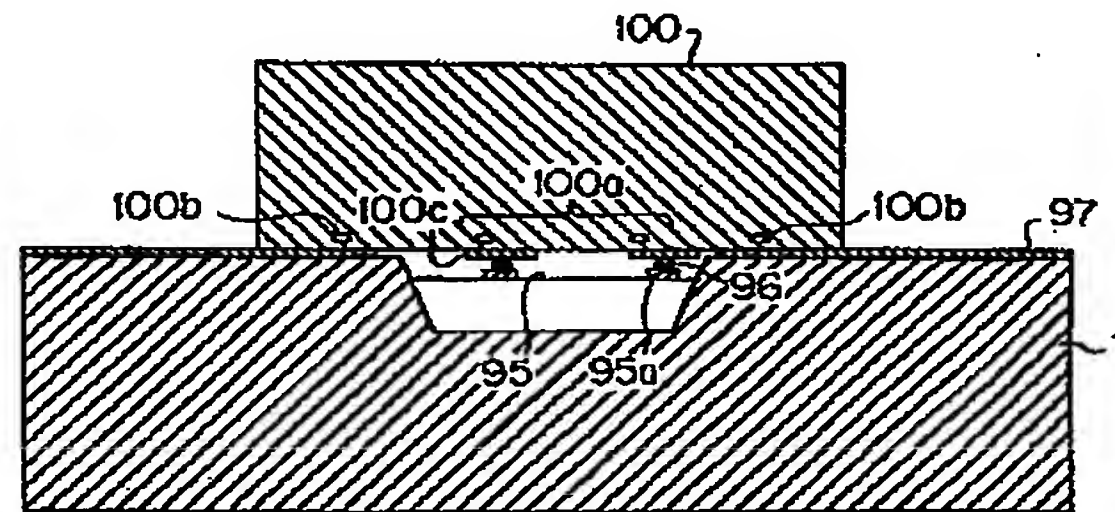
【図10】



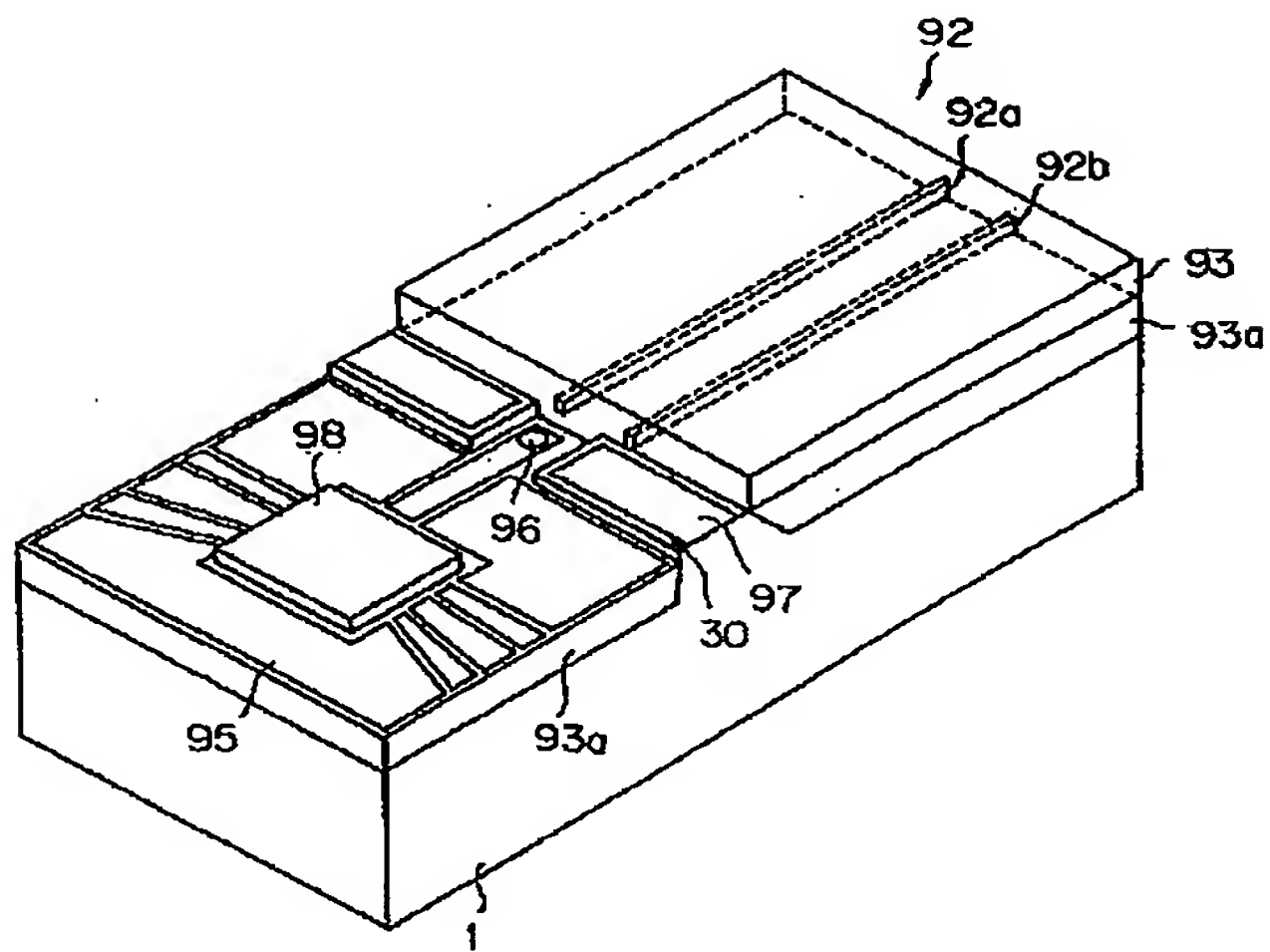
【図11】



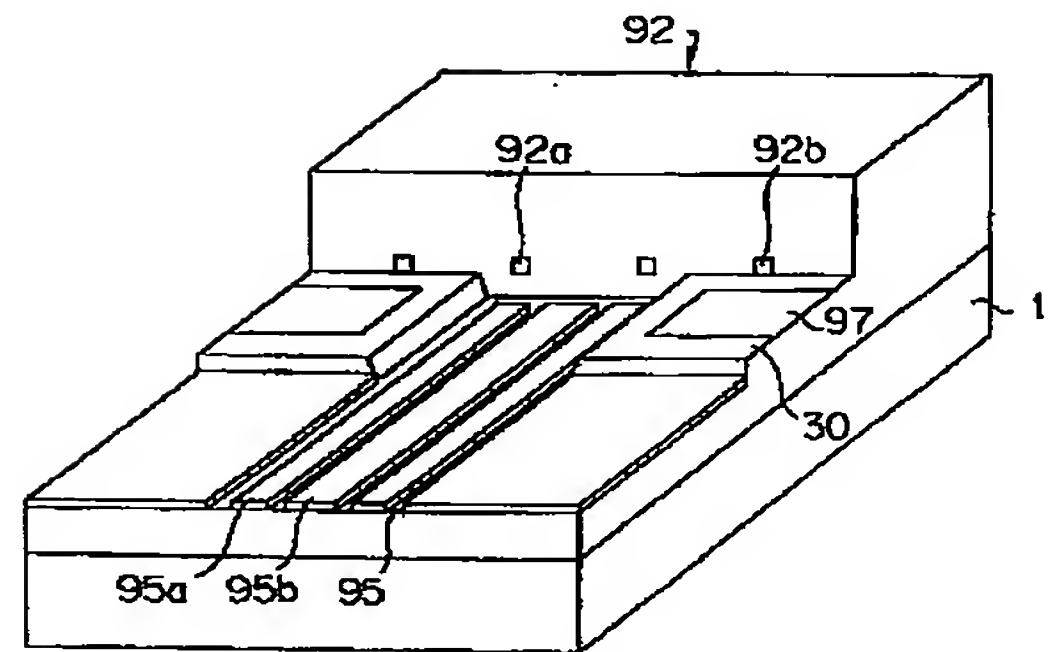
【図12】



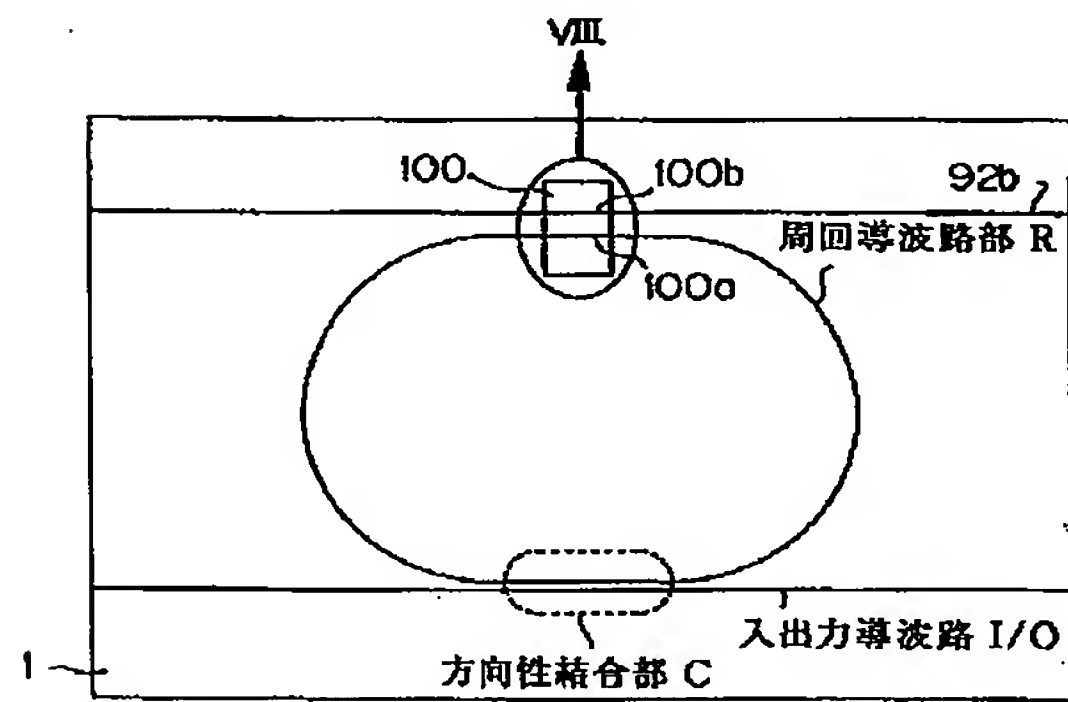
【図13】



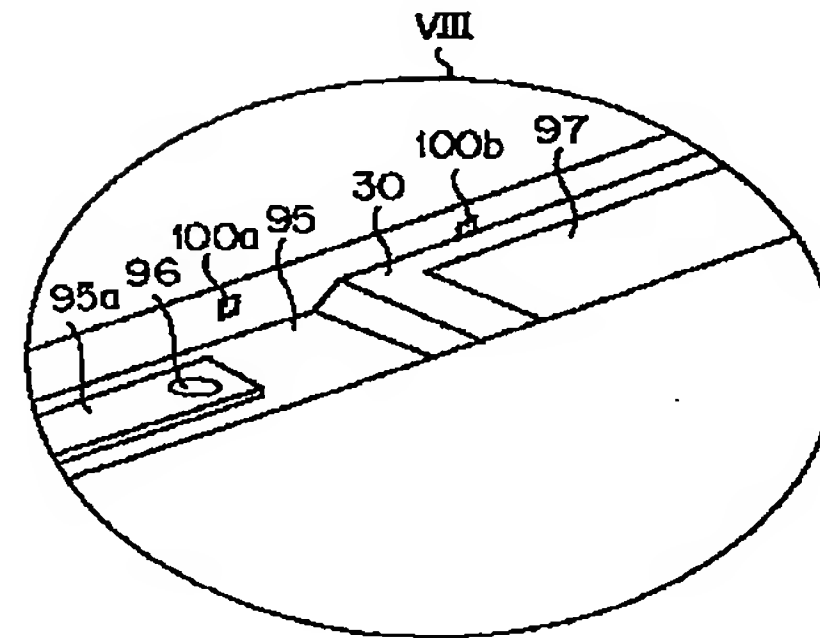
【図14】



【図15】

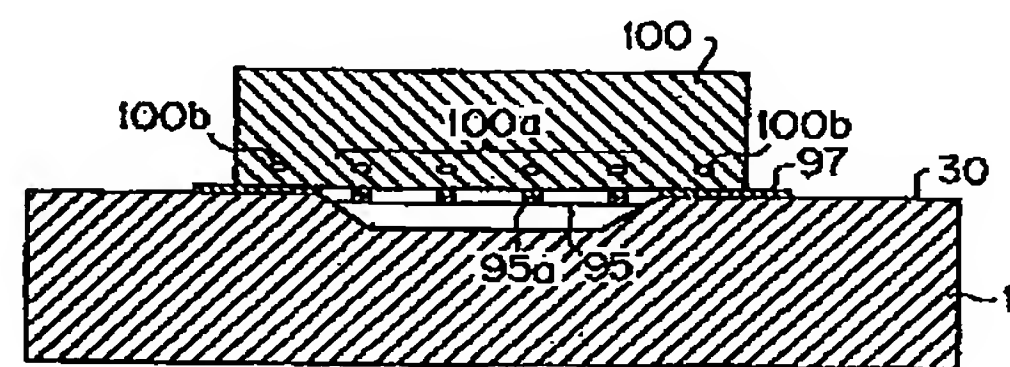


【図16】

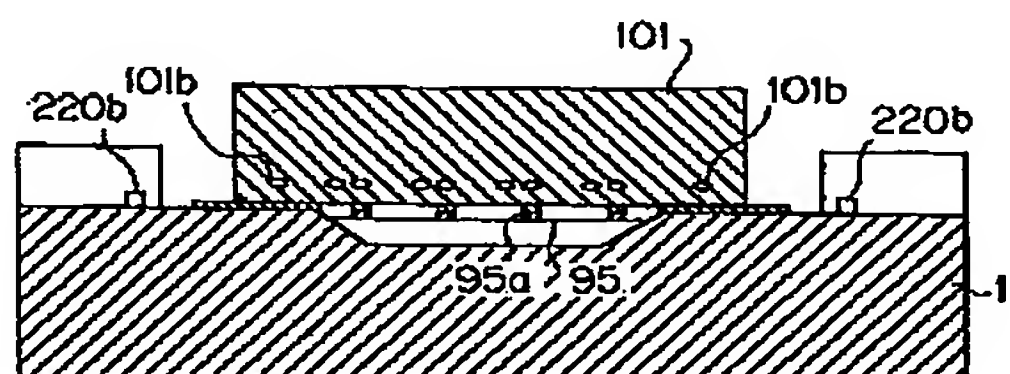


【図18】

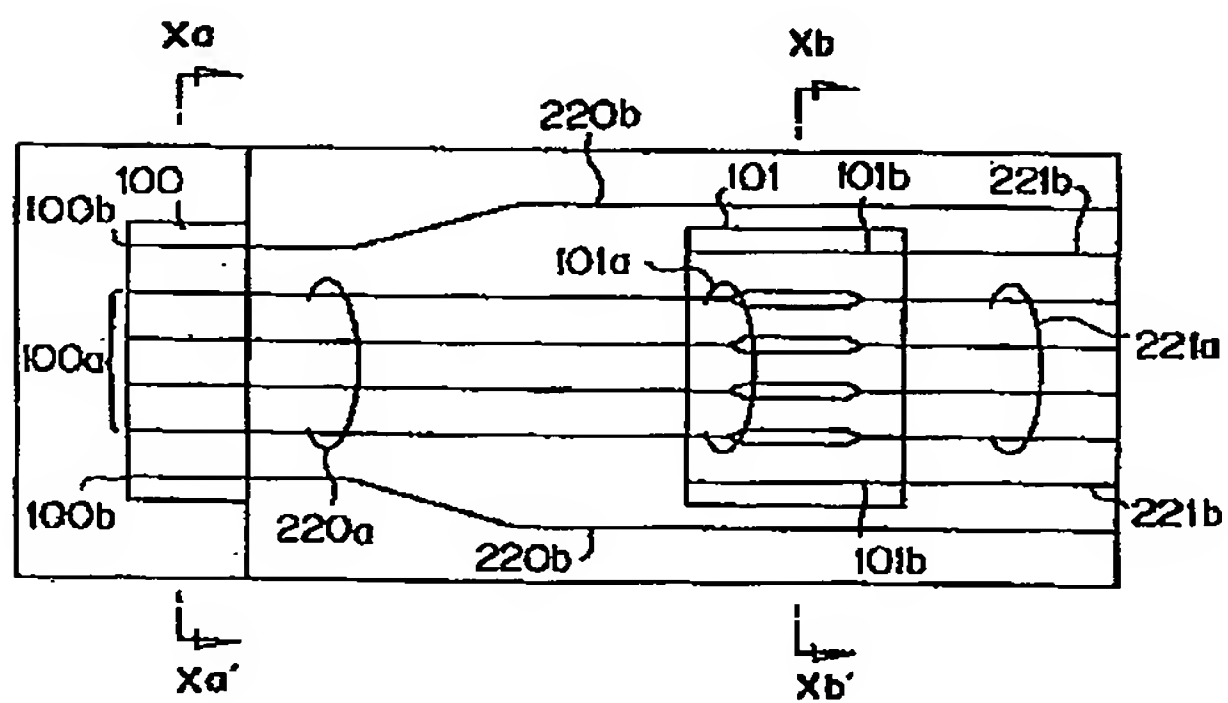
(A)



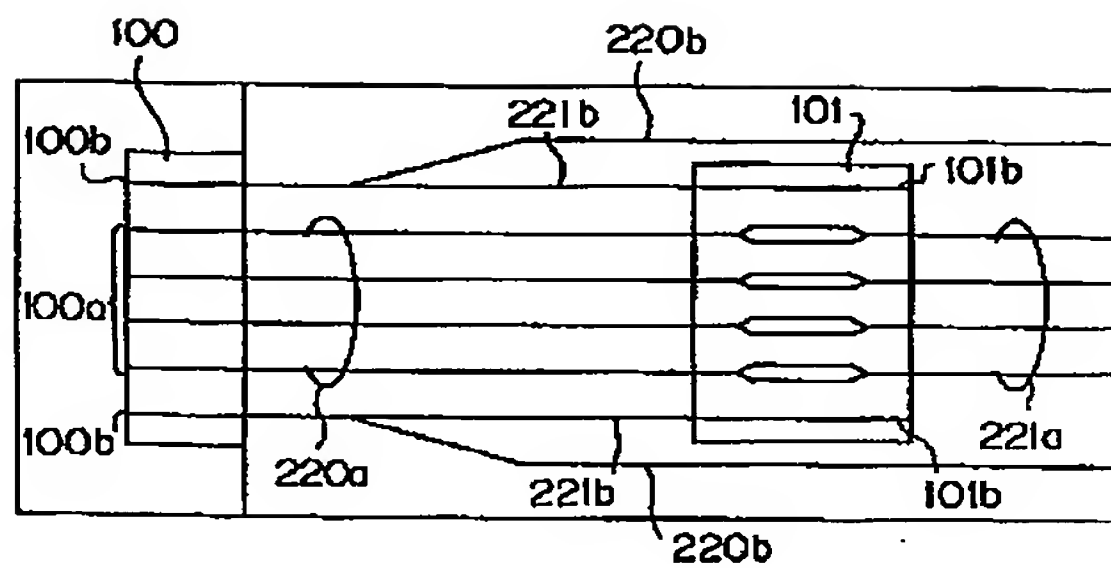
(B)



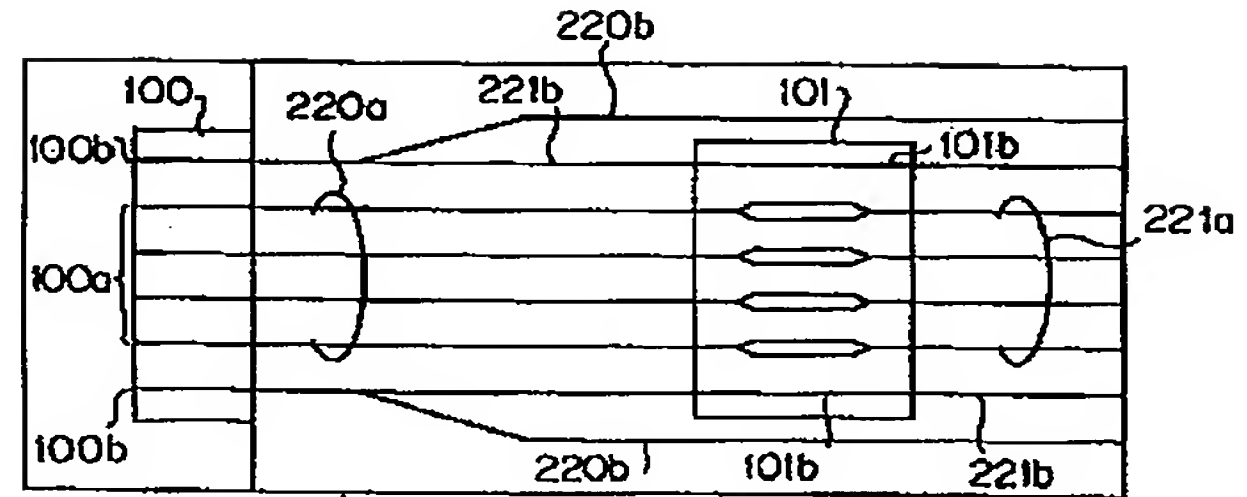
【図17】



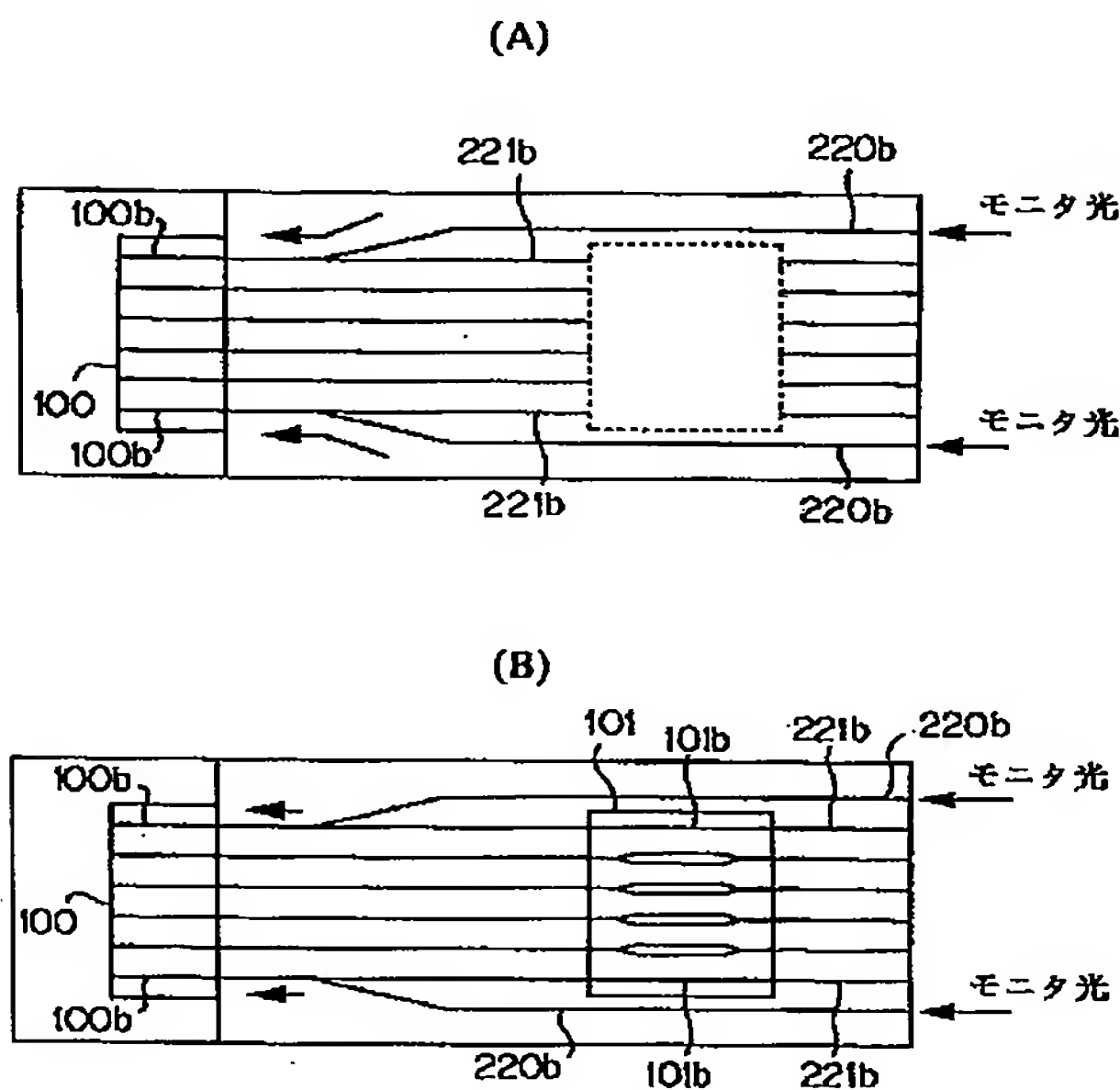
【図19】



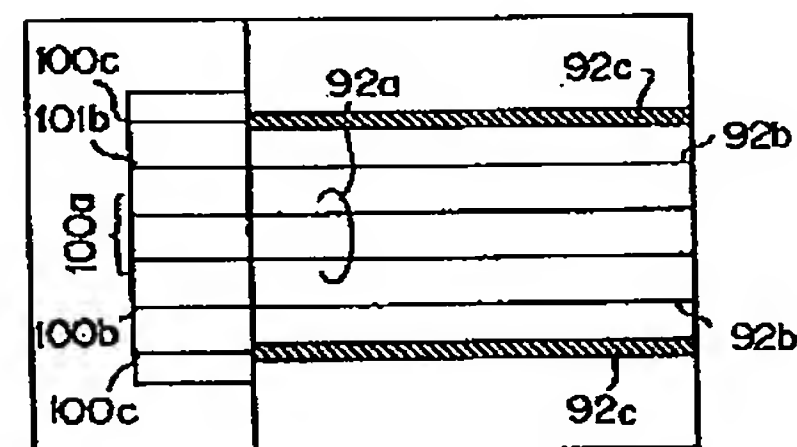
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願平6-148222

(32)優先日 平成6年6月29日(1994. 6. 29)

(33)優先権主張国 日本(JP)

(72)発明者 照井 博

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 吉野 薫

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 加藤 邦治

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 森脇 和幸

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 杉田 彰夫

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 小川 育生

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 柳澤 雅弘

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 橋本 俊和
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日
本電信電話株式会社内

F ターム (参考) 2H047 KA03 KA12 KB03 LA00 MA07
QA02 QA03 QA04 TA05 TA11
TA43
2H079 BA01 EA05 EA07 GA04 GA07
5F073 AA66 AB04 AB15 AB21 AB25
BA01 BA09 FA23 FA30